

PROJETO  
**PiB**  
Perspectivas do  
Investimento no  
Brasil



Sistema Produtivo

12

Perspectivas do Investimento em

**Ciência**

Instituto de Economia da UFRJ  
Instituto de Economia da UNICAMP

# Documento Não Editorado

## COORDENAÇÃO GERAL

**Coordenação Geral** - David Kupfer (IE-UFRJ)

**Coordenação Geral Adjunta** - Mariano Laplane (IE-UNICAMP)

**Coordenação Executiva** - Edmar de Almeida (IE-UFRJ)

**Coordenação Executiva Adjunta** - Célio Hiratuka (IE-UNICAMP)

**Gerência Administrativa** - Carolina Dias (PUC-Rio)

## Coordenação de Bloco

**Infra-Estrutura** - Helder Queiroz (IE-UFRJ)

**Produção** - Fernando Sarti (IE-UNICAMP)

**Economia do Conhecimento** - José Eduardo Cassiolato (IE-UFRJ)

## Coordenação dos Estudos de Sistemas Produtivos

**Energia** – Ronaldo Bicalho (IE-UFRJ)

**Transporte** – Saul Quadros (CENTRAN)

**Complexo Urbano** – Cláudio Schüller Maciel (IE-UNICAMP)

**Agronegócio** - John Wilkinson (CPDA-UFRJ)

**Insumos Básicos** - Frederico Rocha (IE-UFRJ)

**Bens Salário** - Renato Garcia (POLI-USP)

**Mecânica** - Rodrigo Sabbatini (IE-UNICAMP)

**Eletrônica** – Sérgio Bampi (INF-UFRGS)

**TICs**- Paulo Tigre (IE-UFRJ)

**Cultura** - Paulo F. Cavalcanti (UFPB)

**Saúde** - Carlos Gadelha (ENSP-FIOCRUZ)

**Ciência** - Eduardo Motta Albuquerque (CEDEPLAR-UFMG)

## Coordenação dos Estudos Transversais

**Estrutura de Proteção** – Marta Castilho (PPGE-UFF)

**Matriz de Capital** – Fabio Freitas (IE-UFRJ)

**Estrutura do Emprego e Renda** – Paul Baltar (IE-UNICAMP)

**Qualificação do Trabalho** – João Sabóia (IE-UFRJ)

**Produtividade e Inovação** – Jorge Britto (PPGE-UFF)

**Dimensão Regional** – Mauro Borges (CEDEPLAR-UFMG)

**Política Industrial nos BRICs** – Gustavo Brito (CEDEPLAR-UFMG)

**Mercosul e América Latina** – Simone de Deos (IE-UNICAMP)

## Coordenação Técnica

Instituto de Economia da UFRJ

Instituto de Economia da UNICAMP

Projeto financiado com recursos do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O conteúdo ou as opiniões registrados neste documento são de responsabilidade dos autores e de modo algum refletem qualquer posicionamento do Banco.

## REALIZAÇÃO



Fundação Universitária  
José Bonifácio

## APOIO FINANCEIRO



Ministério do  
Desenvolvimento, Indústria  
e Comércio Exterior



## Documento Não Editorado



**PROJETO PERSPECTIVAS DO INVESTIMENTO NO BRASIL**  
**BLOCO: ECONOMIA DO CONHECIMENTO**  
**SISTEMA PRODUTIVO: BASEADOS EM CIÊNCIA**  
**COORDENAÇÃO: EDUARDO ALBUQUERQUE**

**DOCUMENTO SETORIAL:**  
**Novas Fontes de Energia**

**Catari Vilela Chaves (PUC-Minas)**

**Abril de 2009.**

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>I - AS NOVAS FONTES DE ENERGIA.....</b>	<b>5</b>
<b>II. A ENERGIA SOLAR: A CONVERSÃO TERMOSOLAR E O MÓDULO FOTVOLTAICO .....</b>	<b>9</b>
<b>III. DINÂMICA GLOBAL DO INVESTIMENTO .....</b>	<b>144</b>
<b>IV. TENDÊNCIAS DO INVESTIMENTO NO BRASIL .....</b>	<b>377</b>
<b>V. PERSPECTIVAS DE INVESTIMENTO NO MÉDIO PRAZO E NO LONGO PRAZO .....</b>	<b>41</b>
<b>VI. PROPOSIÇÕES DE POLÍTICAS .....</b>	<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>44</b>

## NOVAS FONTES DE ENERGIA

### INTRODUÇÃO

O consumo de eletricidade tem aumentado muito no país, em razão do crescimento econômico (ver tabela 1 e gráfico 1) e da eletrificação.

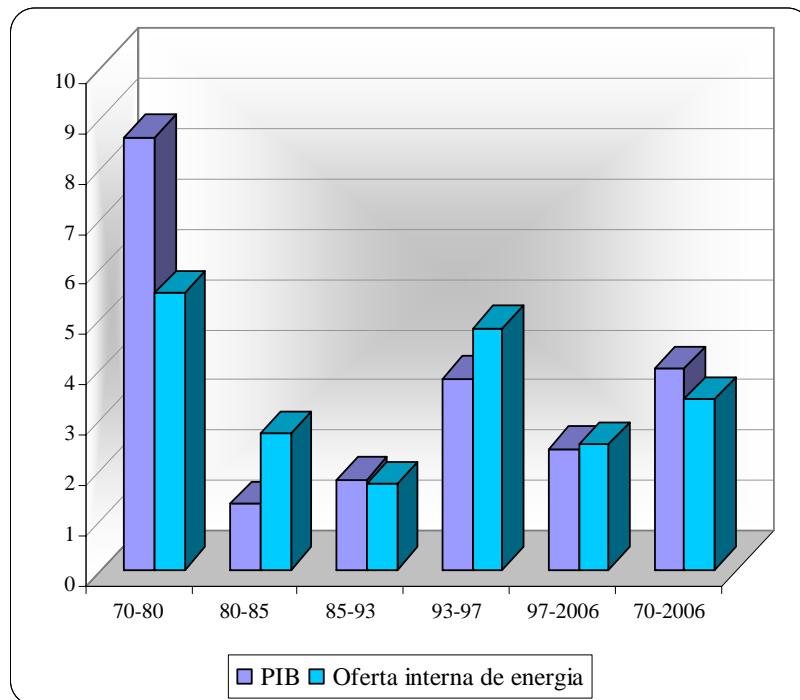
Entre 1970 e 1980, o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro cresceu a uma taxa média de 8,6% a.a. O consumo de determinadas formas de energia também cresceu, e a taxas expressivas: a eletricidade, a 12% a.a.; os derivados de petróleo, a 8,2% a.a. As principais causas deste crescimento estão relacionadas à dimensão territorial do país, a opção de utilização em maior escala do transporte rodoviário, a evolução da indústria de base e da infra-estrutura necessária para atender as demandas das regiões brasileiras. A oferta interna de energia cresceu cerca de 5% ao ano, mesmo com os elevados níveis de consumo de eletricidade e de derivados do petróleo (BEN, 2007).

**Tabela 1 – Taxas de crescimento do PIB e da oferta interna de energia (1970-2006)**

Período	PIB	Oferta interna de energia
70-80	8,6	5,5
80-85	1,3	2,7
85-93	1,8	1,7
93-97	3,8	4,8
97-2006	2,4	2,5
70-2006	4	3,4

Fonte: BEN, 2007.

**Gráfico 1 – Taxas médias de crescimento (%) – 1970 a 2006**



Fonte: BEN, 2007.

No entanto, quando o país passou a enfrentar um ambiente macroeconômico recessivo, a partir dos anos 1980, principalmente após a segunda elevação dos preços internacionais do petróleo em 1979, as taxas de crescimento tanto do PIB como da OIE caíram substancialmente. Duas diretrizes econômicas marcaram o início dos anos 1980: (a) substancial expansão da indústria intensiva em energia (principalmente setores de exportação como: aço, alumínio e ferroligas); (b) adoção de políticas de redução do consumo de petróleo e seus derivados (BEN, 2007).

E assim, a economia do país passou a crescer a taxas consideravelmente menores, cerca de 1%, chegando a níveis negativos em 1981 e a níveis mais elevados em 1985. No entanto, o consumo de eletricidade cresceu cerca de 7% ao ano, o carvão utilizado na siderurgia 9,1% ao ano e o consumo da biomassa, cerca de 4% ao ano. Apenas o consumo de derivados do petróleo caiu aproximadamente 2%. Mas, a partir de 1985, houve uma redução nos preços internacionais do petróleo e as fontes internas de energia foram perdendo força, principalmente com a volta da utilização em maior escala dos derivados do petróleo. (BEN, 2007)

Com a estabilização da economia, em meados dos anos 1990, os índices de crescimento da economia e do consumo interno de energia melhoraram. Neste período, tanto a taxa de crescimento do PIB como da OIE foram de cerca de 5% ao ano. A utilização dos derivados de petróleo cresceu a uma taxa média de 7% ao ano, a eletricidade 5,1% ao

ano e a biomassa, cerca de 2% ao ano. Houve também um crescimento de cerca de 8% tanto para a eletricidade residencial como comercial. Os derivados do petróleo assumiram grande importância para as altas taxas de consumo de energia, e de acordo com o BEM (2007), isto aconteceu devido à melhor distribuição de renda ocorrida após a implantação do Plano Real.

No entanto, no final dos anos 1990, devido principalmente à crise cambial nos países asiáticos, o governo brasileiro precisou tomar algumas medidas que, como consequência, geraram uma forte contração no crescimento econômico. Isto se refletiu no crescimento do consumo de energia, principalmente aquelas relacionadas ao uso individual, como o álcool hidratado, a gasolina automotiva, entre outros. A oferta de energia neste período cresceu cerca de 2% ao ano. (BEN, p.29, 2007)

Com a desvalorização da moeda, ocorrida no início dos anos 2000, a economia brasileira mostrou alguns sinais de recuperação. O PIB cresceu cerca de 4% ao ano. O crescimento do PIB foi alavancado principalmente pelo setor de comércio, de extração mineral, entre outros. A indústria de transformação cresceu algo em torno de 2% ao ano e o consumo de energia foi considerado incomum. A OIE apresentou uma taxa de crescimento menor que 1%, principalmente devido ao baixo desempenho dos setores intensivos em energia e também da manutenção do baixo consumo de energia individual. (BEN, p.29, 2007).

## **I - AS NOVAS FONTES DE ENERGIA<sup>1</sup>**

A geração de eletricidade fornece 18000 terawatts-hora de energia por ano. Isto representa cerca de 40% do total de energia utilizado pela humanidade. São produzidos mais de 10 gigatonnes de dióxidos de carbono todos os anos. No entanto, existem outras formas de geração de energia que podem gerar eletricidade sem emissão de carbono. Uma resposta às mudanças climáticas deve envolver a mudança para fontes de eletricidade livres de carbono.

Para isso, é necessário repensar no preço do carbono e nas novas tecnologias, além de novos sistemas de transmissão e redes (de energia) mais inteligentes. As energias limpas aparecem como uma forma de solucionar o problema. Mas, para isto, é preciso verificar quais são as vantagens, desvantagens, necessidades para a geração de eletricidade

---

<sup>1</sup> Esta seção é um resumo do excelente artigo sobre energias renováveis publicado pela NATURE. SCHIERMEIER, Q.; TOLLEFSON, J.; SCULLY, T, et al. (2008).

através de energias livres de carbono. Devem ser considerados também aspectos relacionados ao armazenamento, transmissão, custos, limitações e perspectivas.

Abaixo são apresentados alguns dos aspectos mencionados acima sobre diversas fontes de eletricidade, entre elas, hidrelétricas, energia nuclear, biomassa, eólica, geotérmica e solar.

#### **a) Hidrelétricas**

Aproximadamente 20% da eletricidade consumida no mundo é gerada pelas hidrelétricas, que são a principal fonte de energia cerca de 160 países. Elas fornecem 10 vezes mais energia do que geotérmica, eólica e solar juntas e só perdem para os combustíveis fósseis. Os países Brasil, Canadá, China, Rússia e EUA atualmente produzem mais da metade da eletricidade mundial gerada por hidrelétrica.

Para a International Hydropower Association – IHA (Associação Internacional de Hidrelétricas) os custos de instalação de uma hidrelétrica estão na faixa de US\$ 1 milhão e US\$ 5 milhões por megawatt de capacidade, dependendo do local e tamanho da planta. Os custos operacionais anuais são considerados baixos – 0,8% a 2% do custo de capital. O custo do KW-hora estão entre US\$0,03 a US\$ 0.10, o que torna as barragens competitivas em relação ao carvão e ao gás.

Entre as vantagens das hidrelétricas estão: a não necessidade de uma infraestrutura de extração e transporte de combustíveis, a independência de condições climáticas e, entre os sistemas geradores de eletricidade, os sistemas hidrelétricos são capazes de armazenar a energia gerada em qualquer lugar.

No entanto, podem ser apresentadas algumas desvantagens. Entre elas, destacam-se a ausência de recursos hidroelétricos em todos os países do mundo, a necessidade de grandes espaços para os reservatórios de água (desocupação destas áreas), além da necessidade de longos e dispendiosos planejamentos de custo e construção. Outra desvantagem relaciona-se ao meio ambiente, as represas representam uma barreira para a migração de peixes. Ainda mais, por se tratar de uma tecnologia madura, há pouco espaço para melhoramento na eficiência deste tipo de geração de energia.

#### **b) Energia Nuclear**

Para gerar eletricidade, via energia nuclear, é necessário combustível (urânio, plutônio, etc) para operar. Isto não é considerado um problema, pois se sabe que as reservas mundiais já descobertas podem operar por muitos anos e outras ainda estão por ser



descobertas. Se de fato existir a evolução tecnológica esperada, a energia nuclear poderia suprir a demanda mundial de energia por muito tempo.

Entre as vantagens da energia nuclear, destacam-se o baixo custo do kilowatt-hora (US\$0,025 e US\$0,07). No entanto, deve-se analisar o custo do investimento. Trata-se de uma fonte de energia de capital-intensivo e as plantas são de vida longa.

As desvantagens ou os problemas relacionados à energia nuclear são mais políticos e envolvem questões de riscos de acidentes, como vazamentos, preocupações com possíveis atentados terroristas ou ataques de inimigos, como guerras, entre outros. Além disso, destaca-se outro grande problema: o tratamento/destinação dos resíduos/sobras (lixo nuclear).

Embora já existam novas tecnologias que tendem a reduzir os resíduos/sobras, a questão do aquecimento global tem levado à revisão da utilização de energia nuclear, inclusive por ambientalistas mais pragmáticos.

### **c) Biomassa**

A biomassa foi a primeira fonte de energia para a humanidade. Pois a madeira, resíduos de colheita e outras fontes biológicas são consideradas importantes fontes de energia para mais de 2 bilhões de pessoas.

No que diz respeito ao custo deste tipo de energia, pode-se afirmar que o preço da eletricidade gerada a partir da biomassa depende da disponibilidade, do tipo de combustível e do custo para transportá-lo. O custo do kilowatt-hora é cerca de US\$0.02 quando a biomassa é queimada com carvão em uma central elétrica convencional.

Entre as desvantagens da biomassa, destacam-se algumas limitações: disponibilidade de terra, eficiência da fotossíntese e oferta de água. Além disso, a quantidade de terra disponível é também necessária para prover alimentação para uma população crescente. Desta maneira, a sustentabilidade deste tipo de energia em longo prazo pode não ser possível. Mais que isso, a dependência da bionergia pode causar uma crise energética por seca ou peste, e a mudança no uso da terra pode ter efeitos no clima: limpar terrenos para as culturas energéticas pode produzir emissões a uma taxa que dificulta a própria cultura.

Em 2007, a OECD estimou que há cerca de meio bilhão de hectares de terra não utilizado na agricultura que poderia ser adequado para a produção de biomassa e ainda, sugeriu que em 2050 estas terras, acrescidas dos resíduos das colheitas, dos resíduos das

florestas e do lixo orgânico seriam capazes de prover material suficiente para gerar cerca de 68.000 terawatt-hora de energia.

Entre as vantagens da biomassa, destacam-se a maturidade e a eficiência das tecnologias necessárias utilizadas para queimar a biomassa. Além disso, a utilização de sistemas pequenos usando resíduos de colheitas pode minimizar os custos de transportes. Mais que isso, se queimada em centrais elétricas aptas para capturar carbono, a biomassa deixa de ser carbono-neutra para ser carbono-negativa. Sendo assim, a biomassa torna-se a única tecnologia capaz de reduzir os níveis de dióxido de carbono da atmosfera.

#### **d) Eólica**

A energia eólica tem se expandido de forma mais rápida do que seus defensores poderiam imaginar há alguns anos. Nos EUA, foram adicionados 5,3 GW de capacidade eólica em 2007 – 35% da nova capacidade de geração de energia do país – e ainda existem outros 225 GW já planejados. Há mais capacidade de geração de energia eólica sendo planejada nos EUA do que de plantas de carvão e gás juntas.

No que diz respeito ao custo de instalação de energia eólica, pode-se dizer que ele é de cerca de US\$1,8 milhão por MW na costa do território e de US\$2,4 a US\$3 milhões fora da costa. Em termos de KW-hora, pode-se afirmar que seu custo está entre US\$0,05 e US\$0,09, fazendo com que a energia eólica seja competitiva com o carvão na parte inferior da série. Com resíduos, como ocorre em muitos países, o custo cai abaixo do custo do carvão. O principal limite para as instalações eólicas no momento é a rapidez com que a indústria fabrica as turbinas.

Entre as vantagens da energia eólica, destaca-se, principalmente, a não necessidade de combustível. O único custo relaciona-se à construção e manutenção das turbinas.

No entanto, entre as desvantagens, destacam-se a intermitência e a necessidade de medidas adicionais para lidar com a variabilidade do fornecimento (acima de 20% de capacidade de rede). No curto prazo, uma desvantagem é que, os lugares onde há mais vento são raramente os mais populosos, e então a energia eólica necessita de desenvolvimento de infraestrutura – especialmente para locais fora da costa.

#### **e) Geotérmica**

Atualmente, a capacidade instalada mundial de energia geotérmica é de cerca de 10 GW e na primeira metade desta década, cresceu muito pouco, apenas cerca de 3% ao ano. O calor da Terra pode ser usado de forma direta. Na realidade, pequenas bombas de calor

geotérmicas que aquecem diretamente residências e escritórios podem representar a maior contribuição que o aquecimento da Terra pode fornecer para o orçamento de energia mundial.

O custo do sistema geotérmico depende das condições geológicas. Há um relatório do MIT, elaborado por Jefferson Tester que estima o custo de explorar os melhores locais – aqueles com uma grande quantidade de água quente circulando perto da superfície. Este custo é de aproximadamente US\$0,05 por KW-hora.

Como principal vantagem, destaca-se a não necessidade da utilização de combustível. No entanto, como desvantagens, destacam-se a exploração em grande escala, que requer tecnologias, mesmo que viáveis, não demonstradas de forma robusta.

Assim, pode-se afirmar que sem desenvolvimentos espetaculares, é improvável ultrapassar as hidrelétricas e a eólica, além de atingir um terawatt.

#### **f) Energia Solar**

Alguns problemas e dificuldades estão relacionados à utilização da energia solar como fonte de eletricidade. Entre eles, destacam-se: o custo de produção, de US\$0,25 a US\$0,40 por kilowatt-hora, os locais de utilização, a dificuldade de armazenamento em larga escala/ quantidade, bem como os custos de armazenamento. Para a transmissão, as dificuldades são relacionadas à distância entre os locais que demandam muita energia e aqueles onde a energia é produzida. Para o armazenamento, são necessárias baterias, que além de caras, tem capacidade reduzida.

Entre as vantagens deste tipo de fonte de energia, destaca-se a matéria-prima, inesgotável e sem custo, bem como a não geração de resíduos. Além disso, o potencial de crescimento, a possibilidade de pequenas unidades de geração de energia. Mais que isso, este tipo de fonte de energia tem muita perspectiva de desenvolvimento.

Para este relatório, a energia solar como fonte de geração de eletricidade foi explorada de forma mais intensa. Nas seções posteriores, serão apresentadas, com maior detalhe, as vantagens, desvantagens, perspectivas de desenvolvimento, bem como outros aspectos relacionados a este tipo de energia.

## **II - A ENERGIA SOLAR: A CONVERSÃO TERMOSOLAR E O MÓDULO FOTOVOLTAICO**

De maneira geral, o conceito de desenvolvimento sustentável relaciona crescimento socioeconômico e preservação ambiental, no sentido de atender as necessidades das gerações atuais sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Uma das manifestações mais importantes sobre este tema foi a conferência realizada em 1992, no Rio de Janeiro, conhecida como ECO-92. Elaborou-se um documento – Agenda 21 - numa tentativa de orientação para um novo padrão de desenvolvimento para o século XXI, cuja base é a sustentabilidade ambiental, social e econômica (Agenda 21, 2004).

Na busca de equacionar os problemas decorrentes da crescente demanda por energia do país e de limitar a emissão de gases de efeito estufa, a utilização de energias limpas voltou ao debate nacional.

No sentido de resolver os problemas da crise ambiental provocados pela emissão dos gases de efeito estufa, as fontes alternativas de energia como energia solar, eólica, biomassa, etc, são bem vistas pela sociedade. Elas representam solução sustentável, fonte de energia limpa e renovável. De acordo com Berman (2008), essas fontes são responsáveis por aproximadamente 12,7% da oferta energética mundial e poderão chegar a 14% em 2030. Porém, o Brasil possui vantagem comparativa nesta área, pois mais de 40% da Matriz Energética do país é renovável.

Conforme pode ser observado na tabela 2, o consumo total de energias renováveis no Brasil representa 41,3% do total, enquanto no resto do mundo representa apenas 14,4%. Nesse sentido, é importante avaliar o potencial de desenvolvimento que o país possui para que as autoridades competentes possam decidir as melhores estratégias a seguir nesta área.

**Tabela 2 - Energia primária no Brasil e no mundo em 2003, total e em parcelas conforme dados da Agência Internacional de Energia (IEA)**

<b>Energia primária</b>		<b>Brasil</b>	<b>Mundo</b>	
<b>Total, bilhões de Tep</b>		0,19	10,70	
Não renováveis	Fósseis	Petróleo	43,60	35,30
		Gás natural	6,60	20,90
		Carvão	6,80	24,10
	Nuclear	1,80	6,40	
	Subtotal		58,70	86,60
Renováveis	Tradicionais	Biomassa Tradicional	19,00	9,40
		Convencionais	Hidráulica	15,30
	Modernas, "novas"	Biomassa moderna	6,90	1,20
		Outras: solar, eólica, etc	< 0,1	1,70
	Subtotal		41,30	14,40

Fonte: Extraída de Goldemberg e Lucon (2007).

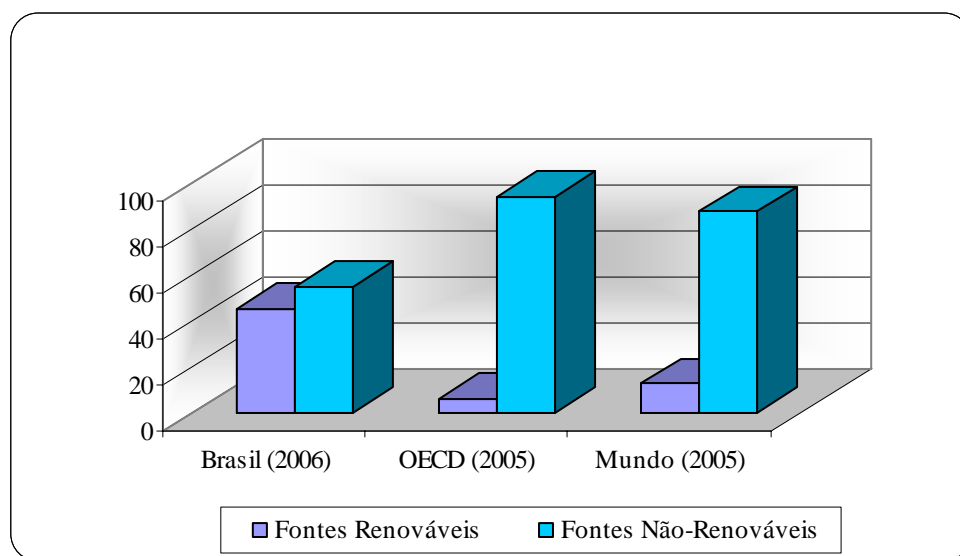
Entre 2005 e 2006, as fontes renováveis aumentaram sua participação relativa na matriz energética, tanto no Brasil (45,1%) quanto no resto do mundo (12,7%). Estes dados estão ilustrados na tabela 3 e no gráfico 2.

**Tabela 3 - Estrutura de participação das fontes renováveis e não renováveis.  
Brasil, Países da OCDE e Mundo – 2006-2007 (%)**

	Fontes Renováveis	Fontes Não-Renováveis
<b>Brasil (2006)</b>	<b>45,1</b>	<b>54,9</b>
<b>OECD (2005)</b>	<b>6,2</b>	<b>93,8</b>
<b>Mundo (2005)</b>	<b>12,7</b>	<b>87,3</b>

Fonte: BEN, 2007.

**Gráfico 2 – Estrutura da participação das fontes renováveis e não renováveis.  
Brasil, países da OECD e mundo – 2005 e 2006 (%)**



Fonte: BEN, 2007.

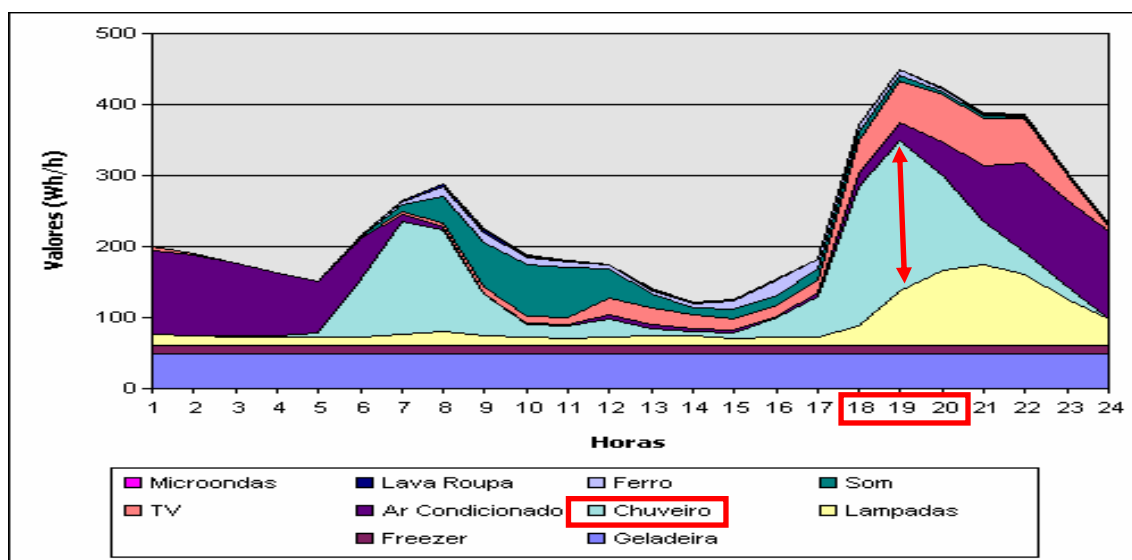
Em relação à energia solar, podem-se destacar algumas vantagens para seu desenvolvimento: é uma fonte de energia inesgotável, cuja “matéria prima” não possui custo; permite pequenas unidades de geração de energia para residências, prédios, fábricas; não são poluentes (sem resíduos); fonte de energia com muita perspectiva para crescimento/desenvolvimento futuro (NEWS FEATURE, 2008).

A radiação solar pode ser utilizada de duas maneiras: a primeira como aquecimento de água e a segunda como fonte de energia elétrica, através da conversão fotovoltaica.

Os benefícios da utilização desta tecnologia de aquecimento são relacionados principalmente à redução do gasto com energia elétrica convencional para aquecimento de água, ou especificamente, a redução do gasto de energia com o uso do chuveiro elétrico. Atualmente no Brasil, a utilização desta tecnologia ocorre com maior intensidade nos estados do Sul e do Sudeste.

Embora tenha sido a melhor solução técnica encontrada à época, o chuveiro elétrico hoje representa 25% do consumo de energia doméstica, chegando a 35% nos horários de pico. Isto acontece pois é o equipamento elétrico que apresenta maior potência nominal de uma residência (COLLE, 2008). Desta maneira, ao analisar o gráfico 3, é possível afirmar que a substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor solar é estratégica.

**Gráfico 3: Impacto do aquecimento de água para o setor elétrico**



Fonte: Extraído de Pereira (2008).

No entanto, Pereira (2008) apresenta algumas barreiras para esta substituição: os custos iniciais do aquecimento solar são altos, não são encontrados ainda profissionais capacitados em número suficiente ligados a estas áreas de atuação, é necessário haver profissionalização do setor industrial em questão, criar legislação ou incentivo que estimule o uso de aquecedores solares, entre outras. Os custos iniciais elevados se devem aos materiais utilizados para a fabricação dos aquecedores, à falta de economia de escala para a produção de coletores solares, dificuldade de automatização nos processos de fabricação, etc. Segundo Colle (2008), mesmo apresentando custos iniciais elevados, a implantação de um sistema de aquecimento solar implica em redução do

gasto com energia elétrica. O impacto da redução faz com o que o retorno ao investimento inicial seja de aproximadamente sete anos.

No que diz respeito ao módulo fotovoltaico, pode-se afirmar que a conversão direta da energia solar em energia elétrica acontece pelo efeito da radiação solar em alguns tipos de materiais semicondutores. Por meio de células solares, ocorre a conversão de energia solar em energia elétrica. No Brasil, este tipo de tecnologia é mais encontrado em estados do Norte e Nordeste, mais especificamente em comunidades isoladas das redes de energia elétrica.

Os benefícios do uso da energia solar fotovoltaica estão relacionados principalmente ao meio ambiente. Trata-se de energia limpa, não poluente e sem resíduos; é fonte de energia inesgotável, cuja “matéria-prima” não possui custo; permite pequenas unidades de geração de energia para residências, prédios, fábricas; fonte de energia com muita perspectiva para crescimento/desenvolvimento futuro.

Sob o ponto de vista social, a utilização desta tecnologia permite o fornecimento de energia elétrica para residências e principalmente povoados isolados. Isto é possível, pois a geração de energia solar fotovoltaica é descentralizada.

**Figura 1 – Módulos fotovoltaicos instalados em São Paulo e no Rio Grande do Sul**



**São Paulo**



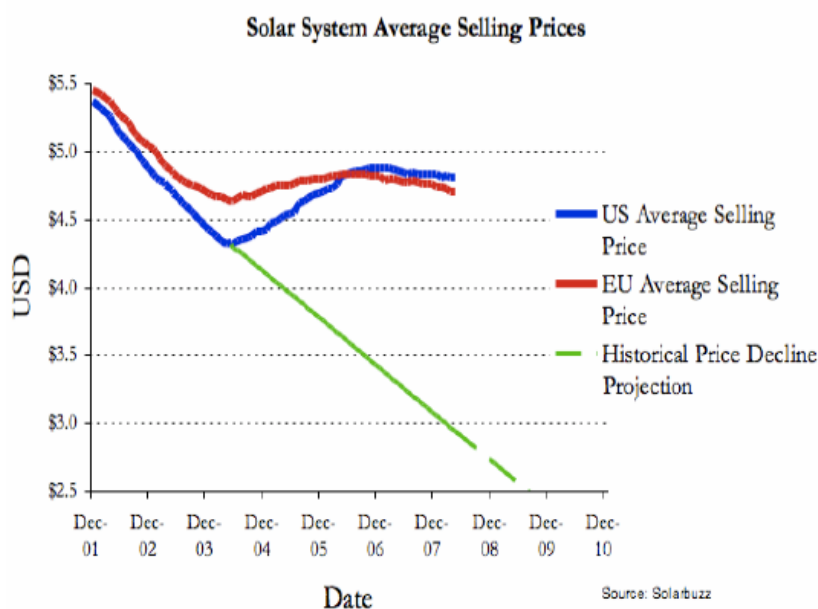
**Rio Grande do Sul**

Fonte: Extraído de Zanesco e Moehlecke (2008).

No entanto, os problemas principais destacados pela literatura referem-se ao custo de produção elevado, ao armazenamento e à transmissão da energia solar fotovoltaica.

Mesmo sendo considerado elevado, o preço do módulo fotovoltaico, utilizado na conversão de energia solar em energia elétrica, caiu significativamente, tanto nos EUA quanto na Europa, conforme pode ser visto no gráfico 4.

**Gráfico 4 – Declínio No Preço Do Módulo Fotovoltaico**



Fonte: [www.eere.energy.gov/solar](http://www.eere.energy.gov/solar)

### III - DINÂMICA GLOBAL DO INVESTIMENTO

#### III.1 - Uma discussão do grau de interação entre ciência e tecnologia no sub-sistema produtivo de energia solar

Para avaliar o grau de interação entre ciência e tecnologia (C&T) no sub-sistema de inovação em energia solar, é necessário verificar como ocorre esta relação no mundo e, especificamente, no Brasil. Para esta avaliação, será necessária a construção de três bases de dados relacionadas à: 1 – produção tecnológica; 2 – produção científica; 3 – grupos de pesquisa do CNPq atuantes na área.

Posteriormente à construção dos bancos de dados, serão apresentados alguns dos estudos que estão sendo realizados por universidades e institutos de pesquisa do Brasil.



### Indicadores de produção tecnológica - patentes

O documento das patentes (solicitadas e concedidas) encontradas no Derwent Innovation Index e no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) contém as informações utilizadas para a elaboração da base de dados sobre produção tecnológica no mundo e no Brasil, respectivamente. Estes dados são utilizados como *proxies* da produção tecnológica e estão disponíveis em: [www.isiknowledge.com](http://www.isiknowledge.com) e <http://www.inpi.gov.br>.

De acordo com a tabela 4, o país que possui o maior número de patentes no Derwent é o Japão (3.250), seguido de Estados Unidos (3.050), Alemanha (2.262) e China (2.259). O Brasil (178) aparece em 12º lugar em termos de número de patentes no Derwent.

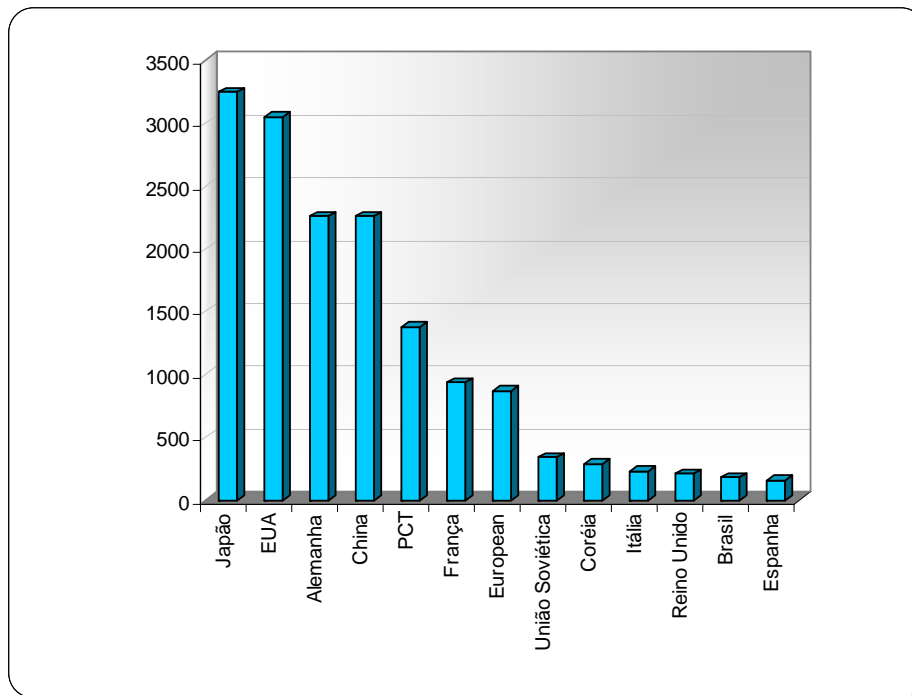
**Tabela 4 - Países com maior número de depósitos de patentes (Derwent) no mundo 1962 a 2008**

<b>País</b>	<b>Número de Patentes</b>
Japão	3250
EUA	3050
Alemanha	2262
China	2259
PCT	1383
França	933
European	874
União Soviética	338
Coréia	287
Itália	232
Reino Unido	206
Brasil	178
Espanha	153

**Fonte: Derwent Innovation Index (2008)**

A representatividade dos países citados pode ser observada também no gráfico 5, abaixo. O número de patentes por país está em sintonia com o número de patentes por empresa apresentado na tabela 5.

**Gráfico 5 – Países com maior número de depósitos de patentes (Derwent) no mundo - 1962 a 2008**



**Fonte: Derwent Innovation Index (2008)**

No Brasil, a maioria dos depósitos de patentes é de pessoas físicas. Algumas empresas aparecem entre os patenteadores brasileiros, entre elas, a CEMIG, Heliodinâmica, Polisol do Brasil, etc. Também aparecem institutos de pesquisa e universidades, como Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Universidade Federal do Rio de Janeiro. O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) também aparece com depósito de patente no Derwent.

Analisando os dados por empresas (tabela 5), a Sanyo (594) é a que aparece em primeiro lugar em termos de número de depósitos de patentes. Em segundo lugar a Cânon, com 563 patentes. Outras conhecidas empresas deste segmento também aparecem com representatividade significativa: Sharp (173), Kyocera (81), Siemens (63), etc.

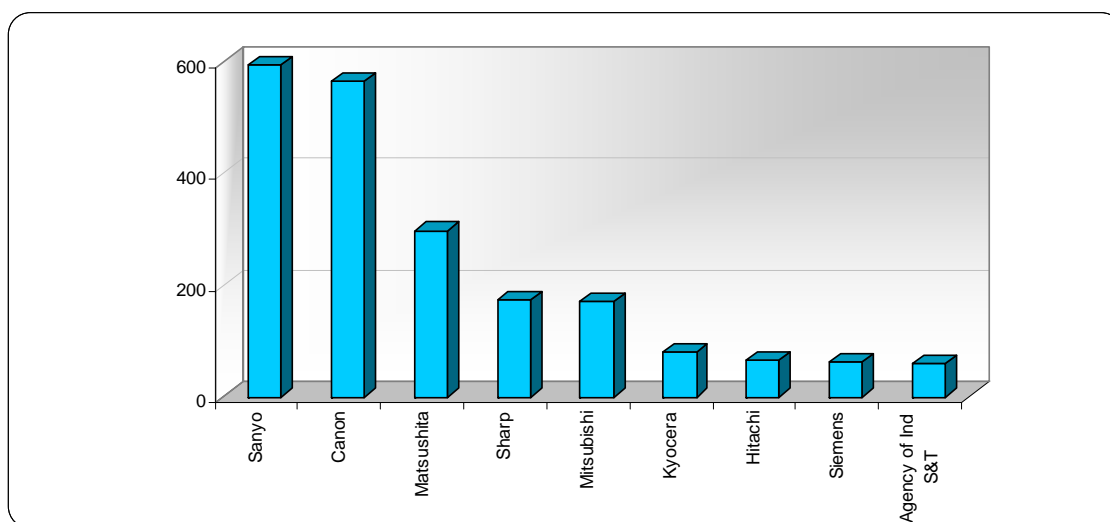
**Tabela 5 - As maiores empresas patenteadoras no segmento de energia solar  
1962 – 2008 – Mundo**

<b>Empresa</b>	<b>Número de patentes</b>
Sanyo	594
Canon	563
Matsushita	297
Sharp	173
Mitsubishi	170
Kyocera	81
Hitachi	65
Siemens	63
Agency of Ind S&T	59

**Fonte: Derwent Innovation Index (2008)**

O gráfico 6 mostra as 10 maiores empresas patenteadoras do segmento de energia solar do período de 1962 a 2008. Além de patenteadoras, algumas destas empresas também aparecem entre os dez maiores fabricantes de plantas fotovoltaicas no período de 1999 a 2002. Dos 16397 depósitos de patentes no Derwent, aproximadamente 13% são feitos por estas empresas. Há depósitos de patentes individuais, mas têm pouca representatividade diante destas empresas.

**Gráfico 6 – As maiores empresas patenteadoras no segmento de energia solar  
1962 – 2008 – Mundo**



**Fonte: Derwent Innovation Index (2008)**

Em termos do Brasil, os dados foram coletados para o período de 1977 a 2006. Foram depositadas 192 patentes no INPI. Em 2001-2002 (ÉPOCA DO APAGÃO), tem-se o maior número de depósitos de patentes: 13 e 16, respectivamente, conforme a tabela 6.

**Tabela 6 - Patentes relacionadas à energia solar e fotovoltaica depositadas no INPI, por ano, 1977 a 2006**

Ano	Nº de patentes	Ano	Nº de patentes
1977	1	1992	5
1978	2	1993	6
1979	7	1994	4
1980	11	1995	4
1981	5	1996	8
1982	7	1997	6
1983	5	1998	7
1984	10	1999	10
1985	5	2000	7
1986	5	2001	13
1987	2	2002	16
1988	1	2003	5
1989	4	2004	7
1990	2	2005	11
1991	9	2006	7
<b>Total</b>		<b>192</b>	

Fonte: INPI, 2008.

Pode-se ver a distribuição de patentes depositadas no INPI, por país, conforme tabela 7.

**Tabela 7 - Patentes por país**

País	Número de patentes
Brasil	96
Estados Unidos	24
Itália	6
Alemanha	5
Espanha	5
França	4
Hungria	3
Israel	3
África do Sul	2
Austrália	2
Dinamarca	2
Japão	2
Suécia	2
Áustria	1
Bélgica	1
Finlândia	1
Holanda	1
Organização Européia de Patentes	1
Outros	31
<b>Total</b>	<b>192</b>

Fonte: INPI, 2008.

Naturalmente, o Brasil é o líder de depósito de patentes no escritório brasileiro. Ao longo do período analisado, depositou 96 patentes. Em segundo lugar, os Estados Unidos destacam-se com 24 patentes depositadas no INPI.

Conforme tabela 8, em termos da distribuição estadual de patentes, os três estados que mais depositaram patentes no INPI foram: São Paulo, com 40 patentes; Minas Gerais, com 22 patentes e Rio de Janeiro, com 6 patentes.

Em conjunto, os estados do Nordeste, Paraíba, Bahia, Ceará, Alagoas e Pernambuco, depositaram 11 patentes, demonstrando esforço de investimento em energia solar.

**Tabela 8 - Patentes do Brasil por estado**

<b>Estado</b>	<b>Número de patentes</b>
São Paulo	40
Minas Gerais	22
Rio de Janeiro	6
Paraíba	4
Paraná	4
Bahia	3
Distrito Federal	3
Goiás	3
Ceará	2
Espírito Santo	2
Rio Grande do Sul	2
Alagoas	1
Mato Grosso	1
Mato Grosso do Sul	1
Pernambuco	1
Santa Catarina	1
<b>Total</b>	<b>96</b>

Fonte: INPI, 2008.

### **Indicadores de produção científica – artigos científicos**

Os dados sobre artigos foram obtidos a partir da base de dados do *Institute for Scientific Information* (ISI) - composto pelo *Science Citation Index Expanded* (SCI) e *Social Sciences Citation Index* (SSCI). Estes dados são utilizados como *proxies* da produção científica e estão disponíveis em [isiwebofknowledge.com](http://isiwebofknowledge.com).

É importante ressaltar, por um lado, que esta base de dados não inclui toda a produção científica do país. Por outro lado, esta base de dados abrange apenas os periódicos mais importantes de cada área do conhecimento e permite fazer comparações internacionais em termos dos países e/ou regiões.

Para analisar a infra-estrutura científica por país, a busca foi realizada por palavras chave, como energia solar e energia fotovoltaica.

Posteriormente, em workshop sobre energia solar a ser realizado nos dias 24 e 25/11, a pesquisa será refinada através de entrevista com especialista da área, para avaliar o

papel das universidades e institutos de pesquisa para o desenvolvimento científico e tecnológico em energia solar.

Conforme tabela 9, ao longo de 1974 a 2006, foram publicados 5.482 artigos científicos sobre energia solar.

**Tabela 9 - Número de artigos de Energia Solar e Fotovoltaica, indexados pelo ISI, por ano, 1974 - 2006**

Ano	Nº de artigos	Ano	Nº de artigos
1974	67	1991	119
1975	113	1992	107
1976	114	1993	135
1977	160	1994	149
1978	127	1995	162
1979	169	1996	170
1980	142	1997	162
1981	116	1998	196
1982	136	1999	176
1983	119	2000	193
1984	210	2001	207
1985	177	2002	185
1986	161	2003	225
1987	170	2004	265
1988	164	2005	280
1989	141	2006	368
1990	97	<b>Total</b>	<b>5482</b>

Fonte: ISI, 2008

A tabela 10 apresenta os resultados da produção científica mundial sobre energia solar, quando o critério de busca é o país do primeiro autor. Observa-se a liderança dos EUA, seguido da Inglaterra e Holanda; o Brasil aparece em 25º lugar, com publicação de 5 artigos com o primeiro autor ligado a instituição brasileira.

**Tabela 10 - Número de artigos de Energia Solar e Fotovoltaica, indexados pelo ISI, por país**

País	Nº de artigos
Estados Unidos	1982
Inglaterra	1622
Holanda	546
Suíça	343
Alemanha	196
Japão	185
França	117
Rússia	116
China	85
Índia	54
Itália	31
Canadá	23
Polônia	21
Hungria	19
Austrália	18
Espanha	12
Suécia	11
Coréia do Sul	10
República Tcheca	9
Romênia	8
África do Sul	7
Tailândia	7
Ucrânia	7
Singapura	6
Brasil	5
Arábia Saudita	4
Áustria	4
Bélgica	3
Grécia	3
Israel	3
Nova Zelândia	3
Egito	2
Etiópia	2
México	2
Taiwan	2
Turquia	2
Outros	12
Total	5482

**Fonte: ISI, 2008.**

Quando o critério foi buscar os autores brasileiros em todos os campos, ou seja, mesmo que o autor brasileiro não fosse o primeiro, os resultados mostram que os brasileiros publicaram 53 artigos, distribuídos por estado, conforme tabela 11. Os estados líderes na produção científica são: São Paulo, Pernambuco e Paraná, respectivamente.

**Tabela 11 - Número de artigos de Energia Solar e Fotovoltaica, indexados pelo ISI, por estado**

Estado	Número de artigos
SP	22
PE	8
PR	6
PB	3
RJ	3
SC	3
CE	2
MG	2
AC	1
BA	1
PA	1
RN	1
Total	53

Fonte: ISI, 2008.

A produção científica por instituição (tabela 12) mostra que a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e a Universidade Federal do Paraná (UFPR) são as que mais publicam nesta área.

**Tabela 12 – Artigos científicos por instituições brasileiras – 1974-2006**

Instituição	Estado	Número de artigos
UNICAMP	SP	10
UFPE	PE	8
UFPR	PR	5
USP	SP	4
UFSC	SC	3
INPE	SP	2
UFPB	PB	2
UFRJ	RJ	2
CEMIG	MG	1
CEPLAC, CEPEC	BA	1
CTA (CTR Tecn Aeroespacial, Inst Est. Avancados)	SP	1
Faculdade de Ciências Agrárias do Pará	PA	1
ITA (Inst Tecnol Aeronaut)	SP	1
Katod Projectos Eletron & Serv Ltd	SP	1
Projetos Eletrônicos e Serviços LTDA	SP	1
PUC RJ	RJ	1
UECE	CE	1
UFC	CE	1
UFJF	MG	1
UFRN	RN	1
UNESP	SP	1
UNIV NAACL ESTUD SAO PAULO	SP	1
Universidade de Campina Grande	PB	1
Universidade Estadual de Maringá	PR	1
Universidade Federal do Acre	AC	1
<b>Total</b>		<b>53</b>

Fonte: ISI, 2008.



## **Indicadores de interação universidades-indústrias no Brasil – grupos de pesquisa do CNPq**

O Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq reúne informações sobre os grupos de pesquisa em atividade no país abrangendo pesquisadores, estudantes, técnicos, linhas de pesquisa em andamento e as produções científica, tecnológica e artística geradas pelos grupos (CNPq, 2005).

Apesar de ser uma base de informações de preenchimento opcional, seu universo tem aumentado ao longo do tempo, podendo-se supor relativa representatividade da comunidade científica nacional. As universidades, instituições de ensino superior e institutos que ministram cursos de pós-graduação concentram mais de 90% dos grupos de pesquisa cadastrados. Porém, as empresas privadas não fazem parte do diretório (CARNEIRO & LOURENÇO, 2003).

As informações dos grupos de pesquisa estão disponíveis no site do CNPq (<http://lattes.cnpq.br>) e podem ser obtidas através da base corrente e da base censitária. Os Censos são “fotografias” estáticas da base corrente e são realizadas de dois em dois anos (CNPq, 2005). A partir de 2002, os relacionamentos com o setor produtivo foram inseridos no questionário respondido pelos líderes dos grupos de pesquisa, passando a ser uma importante fonte de informação sobre a interação universidade-empresa no país. As informações disponibilizadas nos Censos podem ser extraídas através do Plano Tabular, que possibilita a formatação de tabelas de acordo com as variáveis disponíveis. Estas podem ser: número de grupos por UF, instituição, região geográfica, área e grande área do conhecimento; relacionamentos com o setor produtivo, linhas de pesquisa, estudantes, pesquisadores, produção de C, T& A e técnicos (RAPINI et al., 2008).

Para verificar os grupos de pesquisa cadastrados no CNPq que atuam em linhas de pesquisas relacionadas à energia solar e energia fotovoltaica, foi realizada uma busca na base corrente do Diretório dos grupos de pesquisa do CNPq. A base corrente fornece informações recentes sobre grupos de pesquisa, cadastrados no CNPq e que atuam em diversas linhas de pesquisa.

Foram encontrados 93 grupos de pesquisa relacionados à energia solar e fotovoltaica. Visando o objetivo do trabalho que é verificar de que forma acontece a interação entre ciência e tecnologia na linha de pesquisa de energias limpas, foram selecionados os grupos que declararam possuir algum tipo de relacionamento com empresas.

Desta maneira, foram coletadas as informações de 12 grupos de pesquisa que declararam possuir algum tipo de interação com empresas. Separando-os por instituições, a classificação é dada como mostra a tabela 13.

**Tabela 13 – Grupos de pesquisa com interação com o setor produtivo, por estado. Brasil, 2008.**

<b>Nome do Grupo</b>	<b>Instituição</b>	<b>Estado</b>
GRUPO DE FÍSICA BÁSICA E APLICADA EM MATERIAIS SEMICONDUTORES	Universidade Federal da Bahia - UFBA	BA
Grupo de Estudos em Energia - GREEN	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas	MG
Grupo de Estudos em Problemas de Energia e Meio Ambiente - LES	Universidade Federal da Paraíba - UFPB	PB
Grupo de Pesquisa em Instrumentação e Controle em Estudo de Energia e Meio Ambiente	Universidade Federal da Paraíba - UFPB	PB
Grupo de Pesquisas Energéticas e Regulação - GPER	Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco - CEFET/PE	PE
Grupo de Pesquisas em Fontes Alternativas de Energia	Universidade Federal de Pernambuco - UFPE	PE
Núcleo Tecnológico de Energia Solar	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUC RS	RS
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	RS
Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC	SC
Energia, Material e Tecnologia Social	Universidade Tiradentes - UNIT	SE
GERAR-GD - Energias Renováveis e Alternativas para Geração Distribuída	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP	SP
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP	SP

**Fonte: Diretório dos grupos de pesquisa do CNPq, (2008).**

Nota-se uma maior concentração de grupos nos estados do Nordeste, como Pernambuco, Sergipe, Bahia e Paraíba. Os demais grupos são distribuídos em São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Os 12 grupos de pesquisa pertencem às áreas do conhecimento Física, Engenharias Agrícola, Elétrica e Mecânica. São cinco grupos de Engenharia Elétrica, um de Agrícola, cinco de Mecânica e um grupo de pesquisa na área do conhecimento Física. A maioria dos grupos de pesquisa é vinculada a instituições de ensino superior público, embora exista grupos filiados a instituições de ensino superior particulares.

No que diz respeito à interação entre os grupos de pesquisa e empresas, pode-se dizer que a maioria das empresas com as quais os grupos interagem concentram-se em estados do Sudeste e Sul, mesmo que os grupos não estejam concentrados nestas

regiões. A maioria das empresas pertence à divisão 35 da CNAE 2.0 (Eletricidade, gás e outras utilidades). Entre estas empresas, destacam-se empresas relacionadas à geração de eletricidade, fornecimento de gás, entre outras. Além de algumas empresas relacionadas à agricultura.

Vale destacar que alguns grupos de pesquisa localizados no Nordeste interagem com empresas do Sudeste e do Sul do Brasil, embora haja interação dentro da região Nordeste. Isto acontece, pois pesquisadores nesta região são reconhecidos em termos de pesquisas desenvolvidas expressa por números de artigos publicados e indexados ao ISI na área de energias limpas. No entanto, para os grupos do Sudeste, as empresas com as quais os grupos interagem não se concentram em uma determinada região do país. Há empresas de Mato Grosso, Amazonas, Rio Grande do Sul, São Paulo, entre outros. Os grupos de pesquisa localizados no Sul do país destacam-se por interagir com mais empresas da própria região.

Os principais tipos de relacionamento entre os grupos de energia solar e as empresas referem-se as atividades de consultoria técnica, atividades de engenharia não rotineira, inclusive desenvolvimento de protótipo, cabeça de série ou planta-piloto para o parceiro, desenvolvimento de software pelo grupo, fornecimento pelo parceiro de materiais para as atividades de pesquisa do grupo, pesquisa científica com e sem considerações de uso imediato dos resultados. Destacam-se ainda transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo ou pelo parceiro e treinamento de pessoal do parceiro pelo grupo, que inclui cursos e treinamento “em serviço”.

É interessante notar que o tipo de relacionamento entre grupos e empresas que mais aparece é o pesquisa científica com considerações de uso imediato dos resultados.

Na tabela 14, são apresentadas as principais empresas que interagem com os grupos de pesquisa do CNPq. Destaca-se a presença das companhias de energia elétrica dos diversos estados e a presença da Petrobrás, que interage com os grupos de pesquisa da UFRGS, UFPB, UFSC e PUC RS.

**Tabela 14 - Empresas com as quais os grupos de pesquisa se relacionam - Brasil, 2008.**

<b>Empresa</b>	<b>Cidade</b>
Able Eletrônica Ltda - ABLE	São Paulo
Agropecuária Clarice LTDA - APC	Antonio Prado
Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRAS	Rio de Janeiro
Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG	Belo Horizonte
Centro de Tecnologia Canavieira - CTC	Piracicaba
COMPANHIA DE GAS DO CEARÁ - CEGAS	Fortaleza
Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul - SULGÁS	Porto Alegre
Companhia Energética de São Paulo - CESP	Ilha Solteira
Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL	Campinas
Cooperativa de Eletrificação Rural Itai Paranapanema Avaré Ltda - CERIPA	Itai
Dedini S/A Indústria e Comércio - DEDINI	Pirassununga
Elektro Eletricidade e Serviços S/A - ELEKTRO	Campinas
Eletrônica Esteves - ESTEVES	Urupes
EletroPaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo SA - AES EletroPaulo	São Paulo
Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A - ENERSUL	Campo Grande
Flexitec Comércio de Filmes Óticos Condutores - Flexitec	Curitiba
Flora Brasiliae LTDA - FB	Antonio Prado
Instituto de Pesquisas Eldorado - ELDORADO	Campinas
Intercâmbio Eletro Mecânico - IEM	Porto Alegre
Manaus Energia SA - Manaus Energia	Manaus
Ogramac Industria Comercio Ltda - Ogramac	Santo Antônio de Posse
PETROBRAS GÁS S.A. - GASPETRO	Rio de Janeiro
PETRÓLEO BRASILEIRO S. A. - PETROBRAS	Rio de Janeiro
Rio Grande Energia S/A - RGE	Porto Alegre
TAE - Indústria de Tecnologia de Elevada Exatidão - TAE	Fortaleza
Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A. - TBG	Rio de Janeiro
Usina da Barra S.A. Açúcar e Alcool - COSAN	Barra Bonita

**Fonte: CNPq (2008).**

Nos dias 24 e 25 de novembro o Grupo de Economia da Ciência e Tecnologia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR/UFMG) organizou, em parceria com a Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SECTES/MG), o Workshop de Prospecção Tecnológica em Energia Solar.

No workshop, especialistas da área mostraram opiniões sobre problemas e propostas para a área de energia solar. Além disso, representantes de grupos de pesquisa de renome na área apresentaram o que tem sido feito em termos de pesquisas em universidades e institutos de pesquisa.

Sérgio Colle, representando o LEPTEN (UFSC - Laboratórios de Engenharia de Processos e Tecnologia de Energia), mostrou que nos laboratórios são realizadas pesquisas principalmente ligadas a conversão térmica da energia solar para a utilização

em aquecimento de água. Colle (2008) mostrou que os benefícios da utilização de aquecedores solares são muitos, entre eles, o da redução do gasto com energia elétrica de famílias de baixa renda.

Em consonância com o que tem sido feito no LEPTEN, Elizabeth Marques Duarte Pereira, representando o GREEN (PUC MG - Grupo de Estudos em Energia), mostrou que a utilização do aquecedor solar beneficia não apenas as famílias que conseguem redução do gasto com energia elétrica. A não utilização da energia elétrica convencional para o aquecimento de água, reduz a demanda por esta energia principalmente nos momentos de pico. Pereira (2008) mostra que já existe um programa brasileiro de etiquetagem – PBE/Inmetro) e também um Selo Procel de Eficiência Energética que garantem a eficácia e a qualidade dos produtos nacionais. Pereira mostra ainda que o GREEN desenvolve e avalia novos produtos e tecnologias, participa do programa de atualização e criação de normas relativas ao aquecimento solar de água, capacita recursos humanos para esta área, entre outras.

Izete Zanesco, representando o CB Solar (Centro Brasileiro para desenvolvimento da energia solar fotovoltaica – PUC RS) mostrou que as pesquisas sobre células solares em escala laboratorial estão bastante avançadas. Há diversos projetos na área de energia solar fotovoltaica voltados principalmente para a produção de módulos fotovoltaicos.

Francisco Marques, representante do IFGW (Unicamp - Laboratório de Pesquisas Fotovoltaicas) mostrou que estão sendo realizadas pesquisas, assim como no CB Solar, sobre o desenvolvimento de células solares e módulos fotovoltaicos.

Leopoldo Bastos, representando o CEPER (UERJ – Centro de Estudos e Pesquisas em Energias Renováveis) apresentou os estudos relacionados à construção de edificações mais eficientes que contribuam com o balanço energético nacional. Bastos (2008) acredita que o desenvolvimento de estudos desta área deve gerar recursos humanos qualificados capazes de identificar potencialidades na área que reduzam impactos ao meio ambiente e à população.

Com a apresentação destes grupos de pesquisa, representados pelos pesquisadores acima citados, foi possível perceber que o estágio da pesquisa em termos de evolução da utilização da energia solar, tanto para aquecimento, como para geração de energia elétrica propriamente dita, pode ser considerado avançado.

No Brasil, pode-se afirmar que há maturidade em termos de pesquisa de células solares e também de conversores termosolares. De acordo com o CGEE (2008, p. 7):

“Instituições de P&D nacionais como o CB SOLAR, LABSOLAR, CETEC, CETEM, IME, INMETRO e INPI podem dar contribuições significativas à cadeia produtiva de energia fotovoltaica, pois essas articulam potenciais e competências em: prospecção, caracterização e descontaminação de quartzo para produção de silício metalúrgico e grau solar; desenvolvimento de planta pré-industrial de células e módulos; desenvolvimento de coletores solares e análise do desempenho de instalações autônomas ou interligadas à rede elétrica; capacidade certificadora em módulos, inversores e baterias; levantamento de competências na tecnologia de módulos fotovoltaicos para auxiliar roadmaps; competência para integração de sistemas fotovoltaicos, relacionado a edificações e ao design; e, estudos avançados para desenvolvimento de novas tecnologias como filmes finos”.

Porém, em termos da produção industrial, há um gargalo que precisa ser equacionado. O Brasil possui uma das maiores reservas de quartzo para a produção de silício grau solar, que é a matéria-prima fundamental para a produção das células solares. No entanto, o país não possui nenhuma indústria na área de silício grau solar nem de células solares fotovoltaicas (CGEE, 2008). A partir da abertura econômica do país, empresas brasileiras que produziam células/lâminas solares foram prejudicadas com o aumento da concorrência externa inviabilizando a produção deste tipo de tecnologia que, atualmente, acontece em escala laboratorial.

Após a realizar estas considerações, é importante destacar que o Brasil deve investir na área de energia solar, pois as perspectivas de crescimento do mercado são promissoras. Acrescente-se que o investimento deve ser feito ao longo de toda a cadeia produtiva, da forma como realizada pelos EUA.

### **III.2 - O tamanho do mercado existente no mundo hoje e distribuição por países**

De acordo com o CGEE (p. 51, 2008), o tamanho do mercado mundial de energia solar em termos de potência instalada, entre 1993 e 2006, era de aproximadamente 5,8 gigawatts (GW), sendo que 90% deste valor representavam sistemas conectados à rede. Até dezembro de 2006, a distribuição por país era a seguinte: o Japão possuía 1,7 GW; a Alemanha, 2,6 GW; os Estados Unidos, 610 MW e o resto do mundo 867 MW.

É interessante citar como a interação entre o governo e as empresas industriais japonesas promoveram o Japão à condição de líder mundial em energia solar no período citado acima.

“o Japão começou, em 1994, um programa para fortalecer sua industrialização. Houve reunião entre a Sharp, Kyocera, Sanyo, Mitsubishi e outras empresas japonesas. Houve um compromisso das empresas com o investimento forte na industrialização da tecnologia fotovoltaica. Foi um programa do governo, subsidiado, que durou de 1996 a 2006. De 2005 para 2006, já tiveram uma redução do subsídio. (...) O importante é perceber que, apesar de não ter mais subsídios no Japão, se tem um mercado significativo de quase 50.000 residências – o que sustenta a industrialização do Japão” (p. 52, 2008).

De 1993 a 2007, o número de instalações passou de 5,8 GW para 8,5 GW, o que significa que mais de 3 GW foram instalados em 2007.

As projeções internacionais apontam um cenário mundial muito promissor para a área de energia solar: a demanda mundial até 2020 será de 16 GW para a Ásia, 13 GW para a Europa; 9 GW para os Estados Unidos e 6 GW para o Japão.

Este crescimento da demanda mundial explica o surgimento de um número cada vez maior de empresas neste mercado bem como a falta de silício no mercado mundial.

### **III.3 - Uma sistematização das iniciativas públicas de peso nessas áreas: a Solar American Initiative(SAI) e a Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS)**

Em 2006, os Estados Unidos lançaram duas importantes iniciativas, consideradas estratégicas pelo governo americano, na área de energias renováveis: American Competitiveness Initiative (ACI) e Advanced Energy Initiative (AEI).

Para ampliar e assegurar recursos de P&D para o programa de energia solar do AEI foi criada a Solar America Initiative (SAI), cuja ênfase é a geração de energia elétrica e aquecimento.

A seriedade do tratamento dado à diversificação da matriz energética e, mais especificamente, à expansão do setor de energia solar, é tal que o departamento de energia dos EUA – U. S. Departamento of Energy – está diretamente envolvido com as ações do SAI para assegurar que seus objetivos sejam alcançados. Entre estes, destacam-se:

- 1 – acelerar as pesquisas e desenvolver novas tecnologias para reduzir custos dos sistemas fotovoltaicos;
- 2 – desenvolver novas tecnologias para expandir a capacidade de produção da indústria de energia solar americana.

Conforme gráfico abaixo, as projeções de redução do custo da energia solar fotovoltaica para 2015 são significativas em função da presença da SAI no cenário nacional.

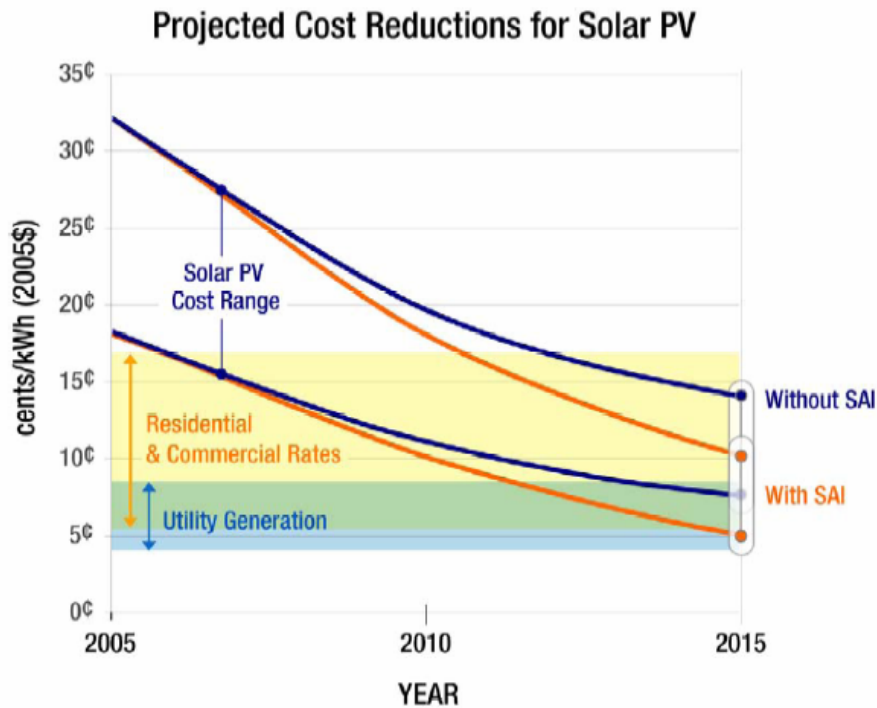
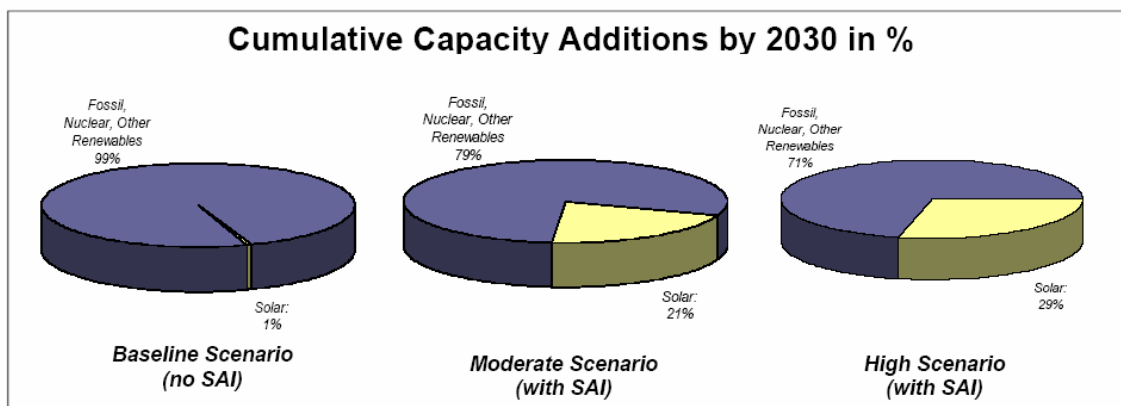


Figure 1-1. Projected PV Cost Reductions across All Market Sectors within SAI

A consequência imediata desta ação é o aumento da capacidade produtiva do sistema de energia solar. A SAI apresenta projeções de três cenários alternativos para o setor, conforme figura 2. Observa-se que, até 2030, o consumo de energia solar poderá ficar entre 21% e 29%.

Figura 2

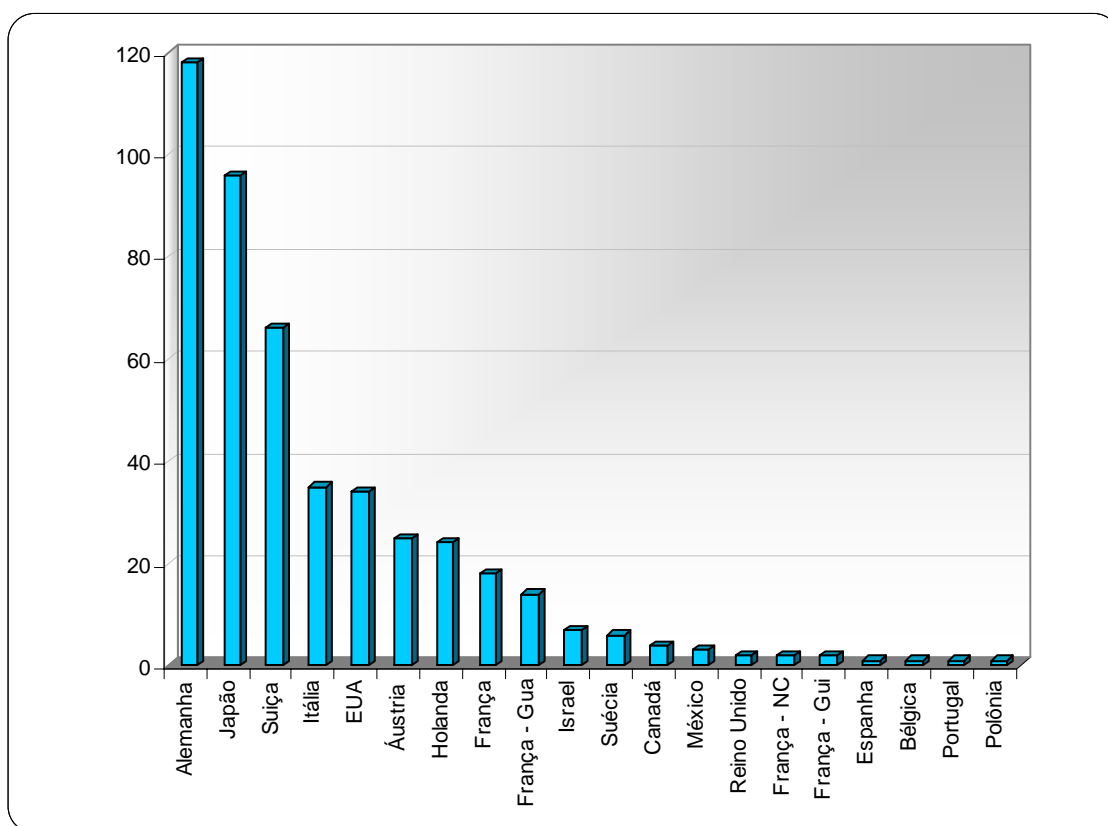


Fonte: SAI, 2007.



A Agência Internacional de Energia (International Energy Agency – IEA) realiza um programa IEA Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS) que representa acordos entre a IEA e os países participantes. O intuito do programa PVPS é fortalecer os esforços de colaboração internacional que aceleram o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica como uma significativa e sustentável opção de energia renovável. Os participantes conduzem uma variedade de projetos em colaboração que aplicam a conversão de energia solar fotovoltaica em eletricidade. São membros da IEA: Austrália, Áustria, Canadá, Dinamarca, União Européia, França, Alemanha, Israel, Itália, Japão, Coreia, Malásia, México, Holanda, Noruega, Portugal, Espanha, Suécia, Suíça, Turquia, Reino Unido e Estados Unidos. Segundo a agência, as plantas fotovoltaicas (PV) estão distribuídas entre os países membros de acordo com o gráfico 7. A Alemanha, o Japão, a Suíça e a Itália são os países que possuem o maior número de plantas fotovoltaicas. Estes países também possuem as maiores produções científica e tecnológica no mundo na área de energia solar.

**Gráfico 7 – Número de sistemas fotovoltaicos por país - 1983-2005**



Fonte: IEA, 2008.

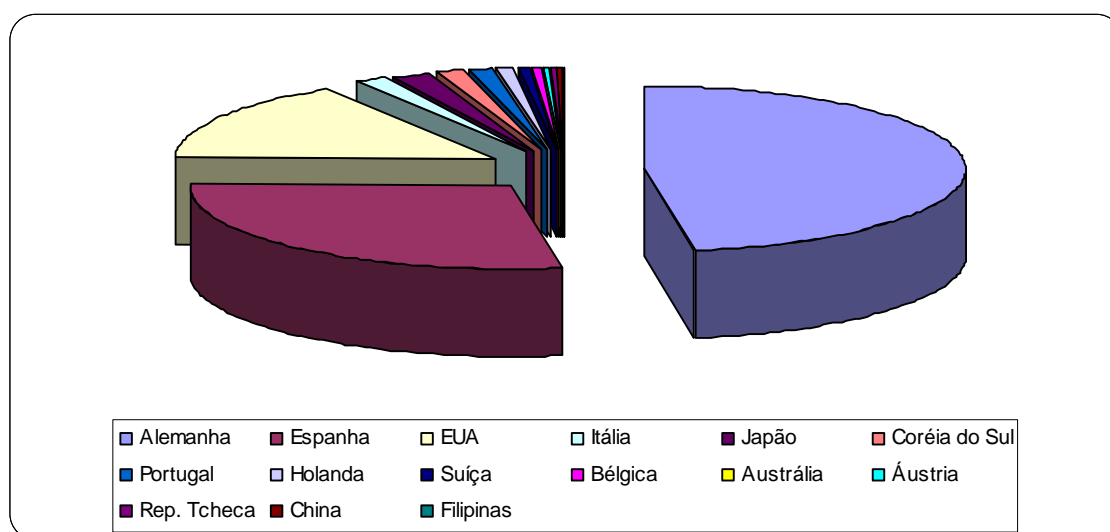
A participação no mercado dos países em termos de potência nominal instalada é apresentada na tabela 15 e no gráfico 8. Os dados referem-se a dezembro de 2007. A Alemanha é o país com maior participação neste mercado (47,47%), seguida da Espanha (28,04%) e Estados Unidos (15,48%). Cerca de 90% dos sistemas fotovoltaicos são conectados à rede.

**Tabela 15 – Participação no mercado em termos de potência nominal instalada (%) – dezembro 2007**

País	Participação no mercado (%)
Alemanha	47,47
Espanha	28,04
EUA	15,48
Itália	1,87
Japão	1,74
Coréia do Sul	1,40
Portugal	1,24
Holanda	0,95
Suíça	0,54
Bélgica	0,35
Austrália	0,23
Áustria	0,23
Rep. Tcheca	0,18
China	0,18
Filipinas	0,12

Fonte: Annual Report (2008).

**Gráfico 8 - Participação no mercado em termos de potência nominal instalada (%)  
Dezembro – 2007**

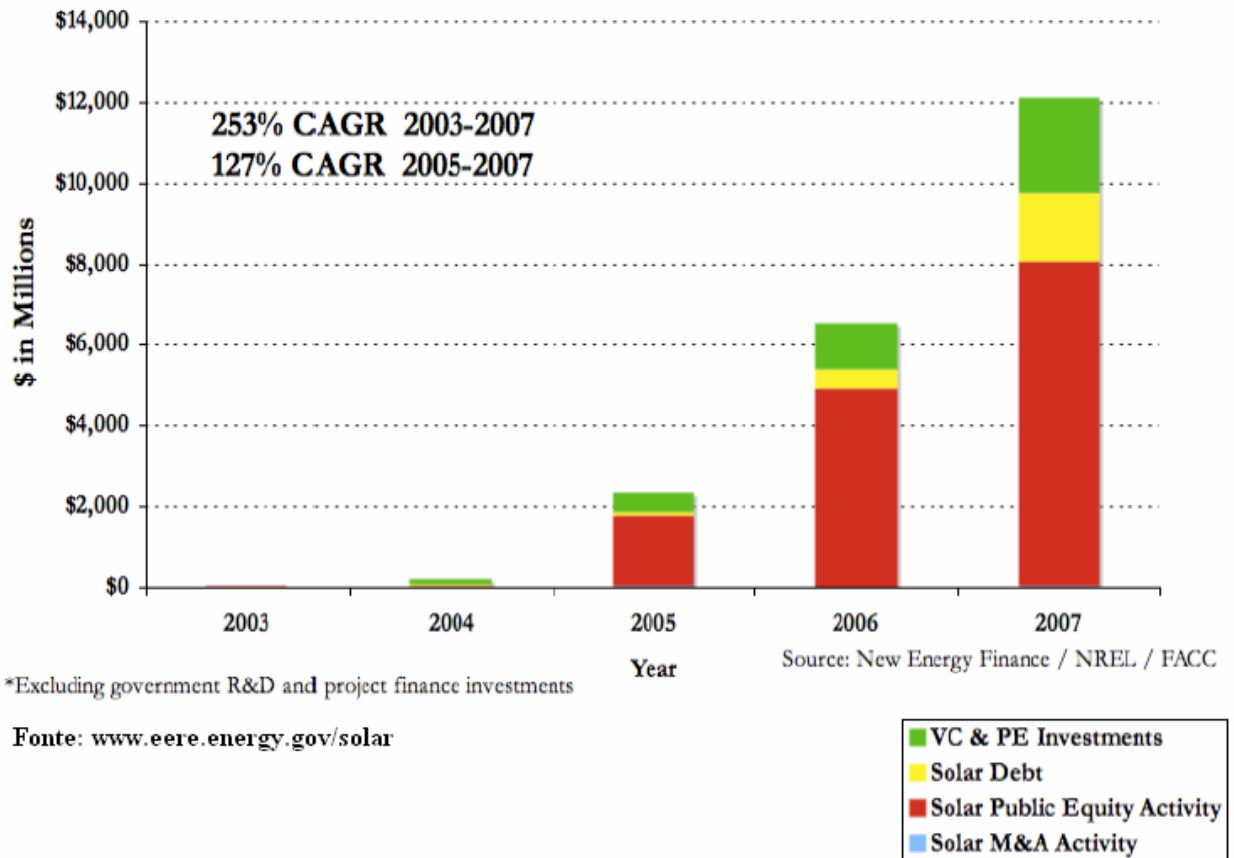


Fonte: Adaptado do Annual Report (2008).

Em 2007, nos EUA, o montante de capital total investido em energia solar atingiu cerca de 12 bilhões de dólares, conforme gráfico 9.

**GRÁFICO 9**

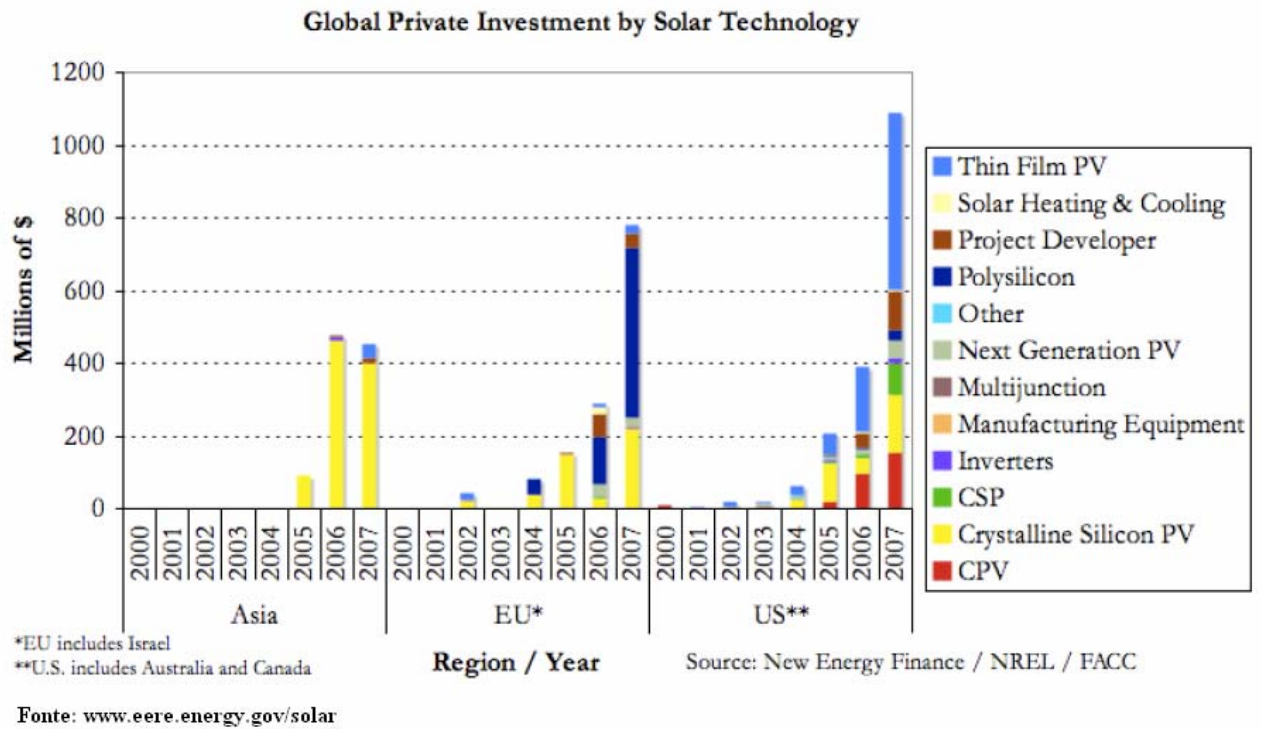
**Global Capital Invested in Solar Energy\***



A tendência de crescimento no nível de investimentos em energia solar fotovoltaica ocorre tanto nos EUA quanto na Europa e na Ásia, conforme pode ser visto no gráfico 10. Em 2007, nos EUA, o montante de capital privado investido em energia solar atingiu cerca de 1,1 bilhões de dólares, diversificado ao longo de toda a cadeia produtiva, com destaque para a tecnologia de filmes finos; na Europa, o montante de capital privado investido no mesmo período foi de aproximadamente 0,8 bilhões de dólares, com destaque para a tecnologia de polisilício; na Ásia, em 2007, o montante de

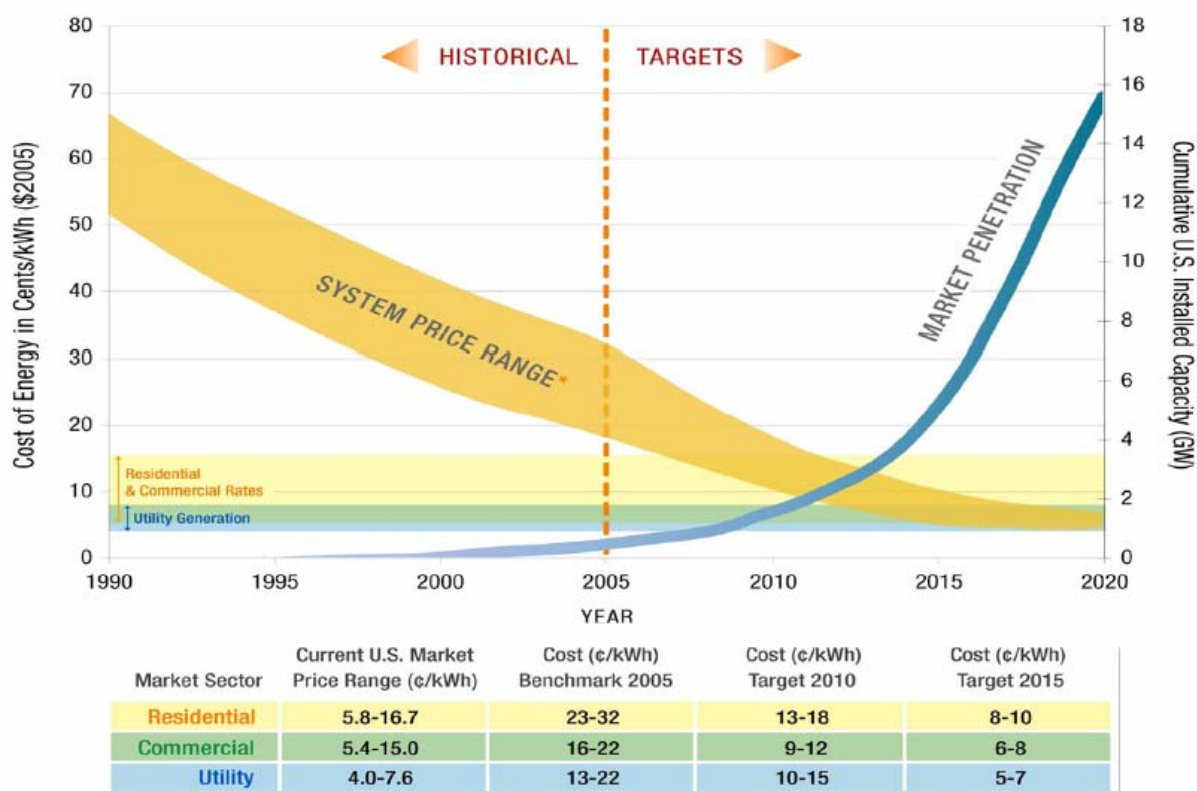
capital privado investido foi de aproximadamente 0,45 bilhões, com destaque para o silício cristalino.

**GRÁFICO 10**



A tendência é que haja queda substantiva no custo de fabricação da energia solar fotovoltaica. As conseqüências imediatas serão a queda nos preços de venda dos sistemas de energia solar e o aumento de sua inserção no mercado. Estima-se que o consumo americano passará de 4 GW em 2005 para 16 GW em 2020 (ver gráfico 11).

**GRÁFICO 11**



Fonte: [www.eere.energy.gov/solar](http://www.eere.energy.gov/solar)

### III.4 - Empresas mais importantes atualmente no sub-sistema produtivo

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IAE), ao longo de 1983 a 2005, as quatro principais empresas do mundo que fabricam plantas fotovoltaicas são a Siemens (71), Kyocera (66), BP-Solar (46) e Shell (38), conforme pode ser visto na tabela 16.

**Tabela 16 - As maiores fabricantes de plantas PV - 1983-2005**

Empresa	Nº de plantas
Siemens	71
Kyocera	66
BP-Solar	46
Shell	38
Photowatt	36
Solarex	22
AEG MQ	19
Sharp	19
ASE Americas	16
Eurosolare	14
Astropower	12

Fonte: <http://www.iea-pvps.org/>

É interessante observar na tabela 17 que a classificação das empresas muda um pouco quando o critério de pesquisa é a potência nominal instalada (em kwp). A Eurosolare (4.447,67 kwp) italiana passa para o primeiro lugar. A Kyocera (2.072,74 kwp) mantém-se em segundo lugar, à frente da Siemens (1.741,97 kwp), que passa a ocupar o terceiro lugar no *ranking* internacional. A BP-Solar (702,06 kwp) e a Shell (627,21 kwp) passam para o 5º e o 6º lugares, respectivamente.

**Tabela 17 - Instalação de plantas fotovoltaicas por empresas  
1983 - 2005 (em kwp)**

<b>Empresa</b>	<b>Potência Nominal</b>
Eurosolare	4447,67
Kyocera	2072,64
Siemens	1741,97
Würth Custom Made.	992,18
BP-Solar	702,06
Shell	627,21
Ansaldo AMD	496,88
Solarex	317,34
Sharp	288,08
Solution Colombier	214,53
Daido - Hoxan H-65.	200,77
ASE Americas	189,75
Sanyo	158,70
IBC 120S Megaline	99,60
GPV 110 M	85,30
Arco Solar G4000	76,24
Isofoton I - 165	74,56
Pragma 72DG/SOL	71,40
Canon BS-01	66,39
DASA MQ36/D53	58,15
Matsusita BP-K54SH.	51,48
Mitsubishi unknown	50,71
NAPS 450 NM 110	50,55
AEG MQ 36D	48,62
Biohaus / Isofoton.	48,08
Photowatt BPX380	45,02
Astropower AP100	37,50

Fonte: <http://www.iea-pvps.org/>

## **IV- TENDÊNCIAS DO INVESTIMENTO NO BRASIL**

### **IV.1 - Cadeia produtiva – estrutura**

Nos módulos fotovoltaicos utilizados na conversão da energia solar em energia elétrica, estão as células solares. Elas apresentam algumas vantagens para o meio ambiente no que diz respeito a sua utilização. Não há ruídos, não há poluição, resíduos ou até mesmo risco de acidentes (MARQUES, 2008).

De acordo com Branco (2008), a cadeia produtiva dos módulos fotovoltaicos segue a seguinte trajetória:

**Silício ⇒ Lâmina ⇒ Célula ⇒ Módulo ⇒ Sistema**

Para a produção das células solares podem ser utilizados matérias-primas como: silício cristalino, silício monocristalino, silício multicristalino, silício amorfo, fitas ou filmes finos (ambos de silício), entre outros. (ZANESCO E MOEHLECKE, 2008).

No Brasil, existe uma grande reserva de silício, no entanto, é necessário que sejam realizadas pesquisas que gerem um material purificado. O silício é abundante no Brasil e representa um mercado bastante interessante. A produção do silício mais puro, além de representar uma evolução da tecnologia em energia solar, oferece oportunidades otimistas em relação ao sucesso do negócio. No Brasil, são grandes as oportunidades, pois este material existe em abundância, há demanda para o silício mais puro e é um negócio que cresce em valor,

O mercado para esta cadeia produtiva possui muitas barreiras à entrada e exige nível elevado de investimentos, principalmente nos dois primeiros estágios da cadeia. Esta cadeia produtiva garante a fabricação de um módulo fotovoltaico que permite transformar a energia solar em energia elétrica.

Os sistemas fotovoltaicos são divididos em dois grandes grupos: os sistemas autônomos e os sistemas interligados à rede. Os sistemas fotovoltaicos autônomos, que hoje no Brasil podem ser usados no programa Luz para Todos, levam energia elétrica para população isolada da rede elétrica. São constituídos de um painel de módulo fotovoltaicos e baterias com controladores. Sistemas de bombeamentos também são classificados como sistemas autônomos, entre outros. Atualmente, o grande mercado mundial está voltado para sistemas conectados e interligados com a rede elétrica. Estes podem ser em forma de sistemas integrados nas edificações ou em grandes centrais fotovoltaicas. Eles são constituídos de painéis fotovoltaicos, associação de módulos, um

inversor. Este sistema troca energia com a rede elétrica: durante o dia temos sol, produz-se energia elétrica e ela é injetada na rede; à noite se obtém energia elétrica da rede (ZANESCO e MOEHLECKE, 2008).

#### **IV.2 - Iniciativas públicas na área de energia solar fotovoltaica (ESF) no Brasil: Prodeem e Luz para Todos.**

O Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), coordenado pelo Ministério das Minas e Energias (MME), foi instituído em 1984. Um de seus objetivos era a eletrificação rural para comunidades que não podiam ser atendidas pela rede elétrica convencional, através de fontes renováveis de energia. A proposta era levar luz elétrica para comunidades carentes e mais especificamente, para escolas, igrejas, centros comunitários, clínicas de saúde, etc, e implantar sistemas de bombeamento de água.

Na primeira fase do programa, foram investidos R\$1,5 milhão destinados a 117 comunidades, espalhadas por todo o Brasil.

De acordo com o Cresesb Informe, os principais resultados obtidos foram: “aumento do número de alunos com a escola noturna; incremento da produção de alimentos com a irrigação comunitária e geração de emprego e renda; maior acesso à informação e conscientização com a TV-comunitária e a TV-escola”.

Em 2003, o PRODEEM passou por uma reestruturação e foi integrado ao Programa Nacional de Universalização – Luz para Todos. O programa está orçado em R\$7 bilhões e sua meta é levar energia elétrica para cerca de 12 milhões de brasileiros até 2008. O governo federal deverá desembolsar cerca de R\$5,7 bilhões e fazer parcerias com estados e distribuidoras de energia, que deverão arcar com o restante dos recursos.

#### **IV.3 - Tendências do investimento no Brasil**

De acordo com Soriano (2008), o montante de investimentos que o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) está destinando e destinará, entre 2008 e 2009, para a área de energia solar fotovoltaica é da ordem de R\$18 milhões. A tendência é que os investimentos realizados por esta instituição nos próximos cinco ou seis anos sejam da ordem de R\$8 a R\$10 milhões por ano. A idéia central é que estes investimentos sejam



concentrados para os grupos de pesquisa já consolidados no país. Ou seja, os recursos não serão distribuídos aleatoriamente para não dispersar o foco da pesquisa. O direcionamento dos recursos servirá de guia para organizar a pesquisa no país, de acordo com as competências que estão sendo desenvolvidas. Além disso, haverá um esforço no sentido de montar uma rede na área de fotovoltaica. Por exemplo, o CETEC fabrica os waffers e o CB Solar utiliza esses waffers do CETEC (ao invés de importá-los) para fazer as células fotovoltaicas; o CETEM está investindo no início da cadeia produtiva e deverá interagir com o CETEC, que está investindo na purificação do silício grau solar; etc.

Em última instância, segundo Soriano, o MCT está propondo um modelo de gestão que organiza a pesquisa e que difunde a tecnologia. Por exemplo, o CB Solar, apesar de ser um centro de pesquisa dentro de uma universidade, assumirá também o papel de concentrar a tecnologia de algumas partes da cadeia produtiva.

Aliado ao modelo de gestão, há também um plano composto das seguintes metas:

- 1 - Conseguir o silício em grau solar;
- 2 – Produzir silício em grau solar, lembrando que o silício em grau metalúrgico custa 1 dólar e o silício grau solar custa setenta dólares, pois nós exportamos o primeiro mas não exportamos o segundo;
- 3 – Produzir células no Brasil;
- 4 – Produzir módulos no Brasil;
- 5 – Produzir os componentes eletrônicos necessários no Brasil;
- 6 – Especificar alguns nichos de mercado no Brasil;
- 7 – Montar a cadeia produtiva visando não só o mercado interno, mas também o mercado internacional.

#### **IV.3.1 - Quais as possibilidades do Brasil entrar/ampliar sua presença no setor?**

Criar uma indústria na área, tanto de fabricação de silício grau solar quanto de fabricação de células fotovoltaicas.

#### **IV.3.2 - Em termos da cadeia produtiva, onde o país deve investir para renovar sua estrutura industrial em ESF?**

No início da cadeia produtiva e dominar a cadeia inteira. A China, por exemplo, dominou a cadeia completa. Abaixo, relaciona-se o que está sendo feito no Brasil, de acordo com o CGEE (p. 14-15, 2008):

1 - O CB-SOLAR da PUC-RS estão desenvolvendo uma planta pré-industrial para fabricar células e módulos fotovoltaicos; 2 - O LABSOLAR da UFSC desenvolve pesquisas em coletores solares e análise do desempenho de instalações fotovoltaicas autônomas, para locais remotos, ou interligados à rede elétrica; 3 - O INMETRO tem certificação para apoiar a indústria de módulos, inversores e baterias. O Instituto tem laboratórios para apoiar P&D de tecnologias chaves da indústria de energia fotovoltaica; 4 - O INPI pode fazer o levantamento de todo o desenvolvimento da tecnologia de células fotovoltaicas; 5 - O CETEC e a CEMIG têm um papel importante na área de integração de sistemas fotovoltaicos; 6 - O IME tem trabalhado com filmes finos para células solares há mais de 20 anos, e atualmente, com telureto de cádmio; 7 - No Brasil, os sistemas autônomos são econômicos, se comparados aos custos da eletrificação convencional estendido a longas distâncias. 8 - Recursos para eletrificação rural no Brasil estão equacionados pelo programa Luz para Todos; 9 - Há importante mercado de equipamentos para o Brasil em se tratando de desenvolvimentos para sistemas autônomos ou mesmo os conectados à rede; 10 - A PETROBRAS planeja instalar uma unidade de produção de lâminas de silício monocristalino a partir de silício de grau metalúrgico através da rota Siemens; 11 - Grupos industriais: a DOW CORNING está comercializando silício policristalino purificado, grau solar. E a RIMA, prevê comercialização de lâminas, ou silício, para 2010. A CONERGY comercializa sistemas fotovoltaicos em todo o País. A planta solar da MPX, que está sendo construída no município de Tauá, no Ceará operará, em janeiro de 2009, produzindo 1 MW; no primeiro trimestre de 2010, 5 MW.

#### **IV.3.3 - *Timing* da entrada: o momento atual é apropriado, janela de oportunidade ainda está aberta**

A partir da literatura de economia da tecnologia, a hipótese do trabalho é que o Brasil deve entrar em áreas que estão se desenvolvendo, como a área de energia solar, cujo paradigma tecnológico ainda não está completamente amadurecido e, por isto, oferece janelas de oportunidades. Por isto, o momento atual é mais que oportuno para o país entrar neste mercado. A janela de oportunidade está aberta, pois a demanda mundial por energia solar fotovoltaica está crescendo. Assim, a cada dia que passa, surgem mais empresas neste mercado e novos países começam a produzir. O exemplo da China é ilustrativo desta situação. A China entrou neste mercado e hoje produz para consumo interno e exporta para o resto do mundo. Possui cerca 13 indústrias (o Brasil não possui nenhuma) e, segundo estimativas dos especialistas, deverá ultrapassar o Japão nos próximos anos.

Em todos os países do mundo, para que a indústria fotovoltaica se desenvolvesse, foi preciso que o governo concedesse subsídios, pois o custo de produção é mais elevado que o custo de produção de energia elétrica convencional. O governo destes países

entende que investir em energia solar é uma questão estratégica, por isto consideram que vale a penas gastar mais hoje para ter um futuro sustentável.

Se o governo brasileiro quiser investir neste segmento, não terá outro caminho a seguir, a não ser criando mercado, através de políticas públicas que incentivem o desenvolvimento industrial.

Em relação ao desenvolvimento do mercado e da indústria, Soriano (2008) relaciona as seguintes medidas a serem tomadas:

- 1 – criação de linha de crédito para o consumidor final adquirir os sistemas fotovoltaicos;
- 2 – sistema de incentivos fiscais para os consumidores que desejam instalar sistemas fotovoltaicos interligados à rede;
- 3 – programa de incentivos para o desenvolvimento de uma indústria nacional.

#### **IV.3.4 - Situação atual de infra-estrutura de C&T e de recursos humanos em ESF**

Segundo Soriano (2008), as principais recomendações em termos de pesquisa e desenvolvimento são:

- 1 - integração dos grupos de pesquisa, abrangendo ciência, tecnologia desenvolvimento e aplicações;
- 2 – implantação de uma rede de pesquisa para ampliar os recursos humanos. O MCT está negociando um edital da ordem de R\$15 a R\$20 milhões para investir em recursos humanos (iniciação científica, mestrado e doutorado) para incentivar a formação na área de energia;
- 3 – instalação de planta piloto para a produção de módulo fotovoltaico e silício de grau solar;
- 4 – apoio para o desenvolvimento dos componentes dos sistemas fotovoltaicos com tecnologia nacional;
- 5 – incentivo à pesquisa básica e aplicada em células fotovoltaicas.

### **V - Perspectivas de investimento no médio prazo e no longo prazo**

**V.1 - Há perspectiva da formação de um núcleo de empresas para iniciar ou aperfeiçoar a presença do país neste sub-sistema produtivo?**

Segundo Soriano (2008), existem iniciativas do governo federal nesta área para incentivar a formação de um núcleo de interação entre empresas, universidades e instituições de pesquisa, mas as informações ainda não podem ser divulgadas.

A empresa brasileira MPX, em associação com uma empresa chinesa, a Yingli, está construindo uma planta solar no município de Tauá, no Ceará. As metas da empresa são: produzir 1MW em janeiro de 2009; 5MW até o primeiro trimestre de 2010; e 50 MW até 2011 (CGEE, 2008).

## **V.2 - Há tendência para a localização regional no país? Ou oportunidades para desconcentração regional?**

Considerando o lado científico, tanto na região Sul quanto na Sudeste e Nordeste, existe capacitação e massa crítica.

Por um lado, ao que tudo indica, o desenvolvimento tecnológico está mais concentrado nas regiões Sul e Sudeste. As interações das universidades da região Nordeste ocorrem, na maioria das vezes, com empresas das regiões Sul e Sudeste. As quatro bases de pesquisa apoiadas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia apóiam-se em instituições localizadas nas regiões Sul e Sudeste (CETEC, CB SOLAR, CETEM, CTI).

Por outro lado, há projetos de instalações de uma planta solar no Ceará, que está sendo construída pela empresa MPX em parceria com uma empresa chinesa. A expectativa é que a planta entre em operação no início de 2009.

Há também informações de que a empresa japonesa Kyocera está montando células solares na Bahia.

## **VI - Proposições de políticas**

As recomendações de políticas dos especialistas que estiveram presentes no Workshop sobre Energia Solar, realizado em Belo Horizonte, e dos especialistas presentes seminário do CGEE (2008), apontam os seguintes caminhos:

- 1 – Promover política industrial, de desenvolvimento científico e tecnológico para o silício grau solar, célula solar (com mais de um tipo de tecnologia) e sistemas fotovoltaicos.
- 2 – Promover o desenvolvimento das indústrias fabricantes de equipamentos eletrônicos e integrá-las aos núcleos dinâmicos de P&D presentes no país.
- 3 – Promover o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva.

- 4 – Associar o desenvolvimento das políticas de longo prazo de incentivo de energia solar a um amplo programa de política industrial na área de energia.
- 5 – Promover política direcionada para a utilização da energia solar fotovoltaica conectada à rede de distribuição de energia elétrica.
- 6 – Promover regulação para a energia solar e, especificamente, para sua conexão à rede elétrica
- 7 – Desenvolver capacitação em termos de pesquisa e desenvolvimento, de modo a reduzir o custo de produção da energia solar fotovoltaica e, conseqüentemente, ampliar o mercado para esta fonte de energia.
- 8 – Promover a capacitação em termos de recursos humanos, pois atualmente faltam técnicos e pessoal ao nível de graduação, especialização, mestrado e doutorado para atender as demandas área (instalação, manutenção e operação dos sistemas fotovoltaicos).
- 9 – Criar mercado, como foi feito no mundo inteiro, no sentido de oferecer às indústrias nascentes, incentivos e subsídios, pois o custo da energia solar fotovoltaica ainda é elevado relativamente às demais fontes de energia.
- 10 – Divulgar o uso de energia solar junto à sociedade para criar a cultura de utilização de fontes de energias limpas

## BIBLIOGRAFIA

AGENDA 21 BRASILEIRA : AÇÕES PRIORITÁRIAS. **Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional**. 2ª ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 158 p.

ANNUAL REPORT 2007. **Large-Scale Photovoltaic Power Plants – Cumulative and annual Installed Power Output Capacity**. pvresources.com. Copyright: ©Denis Lenardic. Revised Edition April, 2008.

BASTOS, Leopoldo. **A conversão térmica da energia solar: questões relacionadas a equipamentos e sistemas**. Belo Horizonte: Workshop em Prospecção Tecnológica – Energia Solar, 2008. 53 slides: color.

BERMANN, Célio. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, vol.60, nº 3, p.20-29, Set. 2008.

BRANCO, José Roberto. **O papel das ICT's para o desenvolvimento científico e tecnológico em energia solar: célula fotovoltaica**. Belo Horizonte: Workshop em Prospecção Tecnológica – Energia Solar, 2008. 53 slides: color.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP). Base corrente**. Disponível em: <http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/>. Acesso em: 03 nov. 2008.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Diretório dos Grupos de Pesquisa - DGP - 2005. Censo 2004**. Disponível em: <http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/>. Acesso em: 05 nov. 2008.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2007: Ano base 2006**. Relatório final. 192p. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item?channelId=1432&pageId=14493](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item?channelId=1432&pageId=14493). Acesso em: 05 nov. 2008.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional da Propriedade Intelectual. Base de Patentes. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br>. Acesso em: 29 out. 2008.

CARNEIRO, S. J., LOURENÇO, R. Pós-graduação e pesquisa na universidade. In: VIOTTI, E.; MACEDO, M. M. (orgs) **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil**. Campinas: Editora Unicamp, 2003.

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). **Estudo Prospectivo para Energia Fotovoltaica**. Brasília: 2008. 140 p.

COLLE, Sérgio. **O papel das Instituições de Pesquisa no desenvolvimento da conversão termosolar no Brasil**. Belo Horizonte: Workshop em Prospecção Tecnológica – Energia Solar, 2008. 55 slides: color.

DINIZ, Antônia Sônia A. Cardoso. **Contribuição da energia solar para a expansão do sistema de distribuição.** Belo Horizonte: Workshop em Prospecção Tecnológica – Energia Solar, 2008. 25 slides: color.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007.

HOLIHAN, Peter. **Technology, Manufacturing, and Market Trends in the U.S. and International Photovoltaics Industry.** Energy Information Administration: Official Energy Statistics from the U.S. Government ([http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/rea\\_issues/fig1s.html](http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/rea_issues/fig1s.html)). Acessado em junho de 2008

IEA **Photovoltaic Power Systems Programme.** Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/>. Acesso em: 05 nov. 2008.

ISI WEB OF KNOWLEDGE. Disponível em: <http://www.isiknowledge.com>. Acesso em: 03 nov. 2008.

JANNUZZI, Gilberto de Martino. **Uma Avaliação das Atividades Recentes de P&D em Energia Renovável no Brasil e Reflexões para o Futuro.** Campinas, SP: Energy Discussion Paper, nº 2.64-01/03, Jul. 2003.

MARQUES, Francisco. **Confronto entre os aspectos ambientais e econômicos da energia solar com a matriz energética brasileira.** Belo Horizonte: Workshop em Prospecção Tecnológica – Energia Solar, 2008. 63 slides: color.

**OBSERVATOIRE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES (OST).** Indicateurs de sciences et de technologies, 2004. Disponível em: [http://www.obs-ost.fr/services/a\\_propos\\_ost/base\\_donnees/nomenclatures.mhtml](http://www.obs-ost.fr/services/a_propos_ost/base_donnees/nomenclatures.mhtml)

PEREIRA, Elizabeth Marques Duarte. **Aquecimento solar e a cidade.** Belo Horizonte: Workshop em Prospecção Tecnológica – Energia Solar, 2008. 27 slides: color.

RAPINI, M. S.; CHAVES, C. V.; ALBUQUERQUE, E. M.; CARVALHO, S. S. M.; RIGHI, H. M.; OLIVEIRA, V. C. P.; SILVA, L. A.; CRUZ, W. M. S. **A Interação entre Empresas Industriais e Universidades em Minas Gerais: investigando uma dimensão estratégica do sistema estadual de inovação.** Belo Horizonte. Mimeo, 2008.

ROSA, Luiz Pinguelli. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007.

SCHIERMEIER, Q.; TOLLEFSON, J.; SCULLY, T, et al. Electricity without carbon. *Nature*, London, v. 454, n. 7206, p. 816-823, Aug.14, 2008.

SOLAR AMERICA INITIATIVE (SAI). <http://www1.eere.energy.gov/solar>

SOLAR AMERICA INITIATIVE (SAI). **A plan for the Integrated Research, Development, and Market Transformation of Solar Technologies.** Draft: February

5, 2007. Disponível em:  
[http://www1.eere.energy.gov/solar/solar\\_america/pdfs/sai\\_draft\\_plan\\_Feb5\\_07.pdf](http://www1.eere.energy.gov/solar/solar_america/pdfs/sai_draft_plan_Feb5_07.pdf)

SORIANO, Eduardo. **Aspectos da Pesquisa em Energia no Brasil. Foco: Solar Fotovoltáica.** Belo Horizonte: Workshop em Prospecção Tecnológica – Energia Solar, 2008. 66 slides: color.

ZANESCO, Izete; MOEHLECKE, Adriano. **Energia Solar Fotovoltaica: Atividades, Desafios e Oportunidades.** Belo Horizonte: Workshop em Prospecção Tecnológica – Energia Solar, 2008. 37 slides: color.



**Tabela A.1 - Grupos de pesquisa e suas interações com o setor produtivo - 2008**

Nome do Grupo	Sigla	UF	Empresa
Energia, Material e Tecnologia Social	UNIT	SE	Ogramac Industria Comercio Ltda - Ogramac
GERAR-GD - Energias Renováveis e Alternativas para Geração Distribuída	UNESP	SP	Usina da Barra S.A. Açúcar e Alcool - COSAN
GERAR-GD - Energias Renováveis e Alternativas para Geração Distribuída	UNESP	SP	Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL
GERAR-GD - Energias Renováveis e Alternativas para Geração Distribuída	UNESP	SP	Dedini S/A Indústria e Comércio - DEDINI
GERAR-GD - Energias Renováveis e Alternativas para Geração Distribuída	UNESP	SP	Cooperativa de Eletrificação Rural Itai Paranapanema Avaré Ltda - CERIPA
GERAR-GD - Energias Renováveis e Alternativas para Geração Distribuída	UNESP	SP	Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL
GERAR-GD - Energias Renováveis e Alternativas para Geração Distribuída	UNESP	SP	Centro de Tecnologia Canavieira - CTC
GERAR-GD - Energias Renováveis e Alternativas para Geração Distribuída	UNESP	SP	Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL
GERAR-GD - Energias Renováveis e Alternativas para Geração Distribuída	UNESP	SP	Cooperativa de Eletrificação Rural Itai Paranapanema Avaré Ltda - CERIPA
GERAR-GD - Energias Renováveis e Alternativas para Geração Distribuída	UNESP	SP	Cooperativa de Eletrificação Rural Itai Paranapanema Avaré Ltda - CERIPA
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A. - TBG
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A. - TBG
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	PETROBRAS GÁS S.A. - GASPETRO
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	Agropecuária Clarice LTDA - APC
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	Intercâmbio Eletro Mecânico - IEM
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	Agropecuária Clarice LTDA - APC
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	Intercâmbio Eletro Mecânico - IEM
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	Flora Brasiliae LTDA - FB
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul - SULGÁS
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	Agropecuária Clarice LTDA - APC
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	PETROBRAS GÁS S.A. - GASPETRO
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	Agropecuária Clarice LTDA - APC
GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos	UFRGS	RS	Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul - SULGÁS
Grupo de Estudos em Problemas de Energia e Meio Ambiente - LES	UFPB	PB	COMPANHIA DE GAS DO CEARÁ - cegas
GRUPO DE FÍSICA BÁSICA E APLICADA EM MATERIAIS SEMICONDUTORES	UFBA	BA	Flexitec Comércio de Filmes Óticos Condutores - Flexitec
GRUPO DE FÍSICA BÁSICA E APLICADA EM MATERIAIS SEMICONDUTORES	UFBA	BA	Flexitec Comércio de Filmes Óticos Condutores - Flexitec
Grupo de Pesquisa em Instrumentação e Controle em Estudo de Energia e Meio Ambiente	UFPB	PB	PETRÓLEO BRASILEIRO S. A. - PETROBRAS
Grupo de Pesquisa em Instrumentação e Controle em Estudo de Energia e Meio Ambiente	UFPB	PB	PETRÓLEO BRASILEIRO S. A. - PETROBRAS
Grupo de Pesquisa em Instrumentação e Controle em Estudo de Energia e Meio Ambiente	UFPB	PB	Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRAS
Grupo de Pesquisa em Instrumentação e Controle em Estudo de Energia e Meio Ambiente	UFPB	PB	TAE - Indústria de Tecnologia de Elevada Exatidão - TAE
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Manaus Energia SA - Manaus Energia
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	EletroPaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo SA - AES EletroPaulo
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Instituto de Pesquisas Eldorado - ELDORADO

Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Instituto de Pesquisas Eldorado - ELDORADO
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A - ENERSUL
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Rio Grande Energia S/A - RGE
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A - ENERSUL
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Rio Grande Energia S/A - RGE
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Eletrônica Esteves - ESTEVES
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Rio Grande Energia S/A - RGE
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Elektro Eletricidade e Serviços S/A - ELEKTRO
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Elektro Eletricidade e Serviços S/A - ELEKTRO
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Companhia Energética de São Paulo - CESP
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Able Eletrônica Ltda - ABLE
Grupo de Pesquisas em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia	UNESP	SP	Elektro Eletricidade e Serviços S/A - ELEKTRO
Grupo de Pesquisas em Fontes Alternativas de Energia	UFPE	PE	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - CHESF
Grupo de Pesquisas em Fontes Alternativas de Energia	UFPE	PE	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - CHESF
Grupo de Pesquisas Energéticas e Regulação - GPER	CEFET/PE	PE	Agência de Regulação de Pernambuco - ARPE
Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	UFSC	SC	Pratica Fornos S/A - PRATICA
Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	UFSC	SC	Assessoria Para Projetos Especiais LTDA. - APPE
Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	UFSC	SC	Centrais Elétricas de Santa Catarina S/A - CELESC
Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	UFSC	SC	Lili Indústria Alimentícia Ltda. - LILI
Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	UFSC	SC	Maqpol Metalúrgica Ltda. - MAQPOL
Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	UFSC	SC	Mecânica e Metalúrgica Ltda. - MILANO
Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	UFSC	SC	Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS
Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	UFSC	SC	Pirelli Cabos S/A - PIRELLI
Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	UFSC	SC	Usina Cerradinho Açúcar, Álcool e Energia - US
Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	UFSC	SC	WEG INDUSTRIAS S.A. - WEG
Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	UFSC	SC	PETROBRAS S/A - PETROBRAS
Núcleo Tecnológico de Energia Solar	PUC RS	RS	Petróleo Brasileiro SA - Petrobras
Núcleo Tecnológico de Energia Solar	PUC RS	RS	Eletrosul Centrais Elétricas - Eletrosul
Núcleo Tecnológico de Energia Solar	PUC RS	RS	Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE

Fonte: CNPq, 2008